

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΑΘΗΝΑ 31 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1991	ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΟΥ 1068

ΥΠΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ & ΕΓΚΡΙΣΕΙΣ

Αριθ. Δ11ε/0/30123

Έγκριση Νέου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα.

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜ. ΕΡΓΩΝ

Έχοντας υπόψη:

Τις διατάξεις της παρ. 1 του άρθρου 21 του Ν. 1418/29.12.1984 «Δημόσια έργα και ρυθμίσεις συναφών θεμάτων» (Α' 23), αποφασίζουμε:

Άρθρο πρώτο

Έγκριση Κανονισμού

Εγκρίνουμε τον Κανονισμό για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα. Ο Κανονισμός αυτός εφαρμόζεται παράλληλα με τους υφιστάμενους σήμερα Κανονισμούς για χρονική περίοδο 2½ ετών μετά την έναρξη εφαρμογής του. Κατά το χρονικό αυτό διάστημα παρέχεται η δυνατότητα εφαρμογής κατ' επιλογή είτε των παλαιών διατάξεων που ισχύουν σήμερα είτε των νέων που θεσπίζονται με τον παρόντα Κανονισμό.

Μετά τη λήξη της χρονικής αυτής περιόδου εφαρμόζεται μόνο ο νέος Κανονισμός.

Άρθρο δεύτερο

Καταργούμενες διατάξεις

1. Από τη δημοσίευση της απόφασης αυτής καταργούνται.

α) Τα κεφάλαια Ι, ΙΙ και ΙΙΙ του μέρους Γ του ισχύοντος Κανονισμού οπλισμένου σκυροδέματος (Β.Δ. 1954) πλην των άρθρων 45 και 47.

β) Οι παρακάτω διατάξεις του Αντισεισμικού Κανονισμού, Β.Δ. από 26.2.59 όπως τροποποιήθηκε με την αρ. ΕΔ2α/01/44/Φ.Ν. 275/4.4.84 (ΦΕΚ 239 Β/16.4.84) Υπουργική Απόφαση.

Άρθρο 5 παρ. 8
Άρθρο 6.3 παρ. η
Άρθρο 6.3 παρ. ι
Άρθρο 6.3 παρ. ιβ (αα, ββ, γγ, δδ, εε, στστ, ζζ, ηη, θθ, ιι)
Άρθρο 6.3 παρ. ιγ (αα, ββ, γγ, δδ, εε, στστ)
Άρθρο 6.3 παρ. ιδ (αα, ββ, γγ, δδ, εε, στστ)
Άρθρο 6.3 παρ. ιε (αα, ββ, γγ, δδ, εε, στστ)
Άρθρο 6.6 παρ. γ
Άρθρο 6.9
Άρθρο 6.11
Άρθρο 7.5.α
Άρθρο 7.6.α

2. Διευκρινίζεται ότι σε περίπτωση εφαρμογής του παλαιού Κανονισμού όλες οι παραπάνω διατάξεις παραμένουν σε ισχύ.

Άρθρο τρίτο

Έναρξη ισχύος

Η ισχύς της απόφασης αυτής αρχίζει από τη δημοσίευση της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Η απόφαση αυτή να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Καλλιθέα, 21 Οκτωβρίου 1991

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΑΧ. ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Κανονισμός περιλαμβάνει Ορισμούς, Απαιτήσεις και Κριτήρια ικανοποίησής των.

Η εφαρμογή αυτού του Κανονισμού προϋποθέτει άτομα που διαθέτουν τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις και προσόντα.

Η εξασφάλιση της απαιτούμενης λειτουργικότητας και αντοχής μέσω της διατάξεως της κατασκευής και του συνόλου των δομικών στοιχείων που την αποτελούν συνιστά γενική απαίτηση του Κανονισμού.

1.2 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο Κανονισμός αυτός ισχύει για κατασκευές από ωπλισμένο και/ή προεντεταμένο σκυρόδεμα με συνήθη αδρανή, όπως αυτά ορίζονται στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

Ο Κανονισμός καλύπτει την περίπτωση ανάλυσης και σχεδιασμού για συνήθεις δράσεις (μόνιμα φορτία, κινητά φορτία, θερμοκρασιακές δράσεις περιβάλλοντος, ερπυσμός, συστολή ξήρανσης, κ.λπ.).

Ο Κανονισμός αυτός δεν καλύπτει πλήρως ορισμένα ειδικά έργα όπως γέφυρες, φράγματα, θαλάσσιες εξέδρες, πυρηνικούς αντιδραστήρες κ.λπ. για τα οποία οι διατάξεις του παρόντος Κανονισμού πρέπει να συμπληρώνονται με κατάλληλους επί μέρους Κανονισμούς.

1.3. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο του Κανονισμού αυτού είναι η ικανοποίηση των απαιτήσεων αντοχής και λειτουργικότητας των κατασκευών με επαρκή ασφάλεια.

1.4 ΒΑΣΕΙΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Τα Κεφάλαια 2 μέχρι και 5 περιλαμβάνουν τα βασικά δεδομένα για τους υπολογισμούς. Τιμές διαφορετικές από τις περιλαμβανόμενες στα Κεφάλαια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπό την προϋπόθεση ότι η αξιοπιστία τους θα αποδεικνύεται κατά ικανοποιητικό τρόπο.

Τα κριτήρια σχεδιασμού τα σχετικά με την ασφάλεια και την λειτουργικότητα των κατασκευών βασίζονται σε μια θεώρηση οριακών καταστάσεων. Η γενική μέθοδος σχεδιασμού είναι μια ημι-πιθανολογική μέθοδος κατά την οποία οι πιθανολογικές θεωρήσεις λαμβάνονται υπόψη μέσω ορισμού «αντιπροσωπευτικών» τιμών τόσο για τις δράσεις όσο και για τις αντοχές των υλικών. Οι τιμές σχεδιασμού των δράσεων και των αντοχών διαμορφώνονται τελικά μέσω χρήσεως κατάλληλων επί μέρους συντελεστών ασφαλείας (Κεφάλαιο 6).

Οι ειδικές μέθοδοι σχεδιασμού που υιοθετούνται (Κεφάλαια 10 μέχρι 14) συμπληρώνονται από κανόνες και πρακτικές συστάσεις για λεπτομερή διαστασιολόγηση (Κεφάλαια 15 μέχρι 18). Με τους κανόνες για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης (Κεφάλαιο 15), καθώς και με τις οριζόμενες ελάχιστες επικαλύψεις των οπλισμών (παρ. 5.1) ικανοποιείται μερικώς και η απαίτηση "ανθεκτικότητας". Ο όρος ανθεκτικότητα εκφράζει σ' αυτόν τον Κανονισμό την αντοχή στην διάρκεια του χρόνου.

Επισημαίνεται ότι, ό,τι στον παρόντα Κανονισμό σχετίζεται με θέματα αντισεισμικότητας θα προσαρμοσθεί κατάλληλα μόλις εκδοθεί ο Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΝΕΑΚ).

Η εφαρμογή σε ειδικές περιπτώσεις άλλων μεθόδων σχεδιασμού από αυτές που περιλαμβάνονται στα Κεφάλαια 10 έως 18 επιτρέπεται υπό την προϋπόθεση ότι η επιλογή των εναλλακτικών μεθόδων θα αιτιολογείται. Πρέπει δηλαδή να αποδεικνύεται ότι μέσω των εναλλακτικών μεθόδων ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού, επιτυγχάνεται δε η ίδια στάθμη αξιοπιστίας.

1.5 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Τα ειδικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται, ακολουθούν το Πρότυπο ISO 3898, σύμφωνα με το οποίο:

το V χρησιμοποιείται για τη τέμνουσα δύναμη,

το Q χρησιμοποιείται για τις μεταβλητές δράσεις

το c είναι δείκτης που συμβολίζει το σκυρόδεμα.

1.6 ΜΟΝΑΔΕΣ

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται συμφωνούν με το Π.Δ. 515/83 και το Πρότυπο ISO/DP 4357, τα οποία βασίζονται στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) και περιλαμβάνουν 7 βασικές μονάδες.

1.7 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ

Η παρουσίαση των υπολογισμών και των σχεδίων πρέπει να είναι σύμφωνη με τις κείμενες διατάξεις.

1.8 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΩΝ

Η μελέτη πρέπει να περιλαμβάνει τα τεύχη τα οποία είναι απαραίτητα για την ορθή εκτέλεση της κατασκευής όπως ειδικότερα ορίζεται στις ισχύουσες προδιαγραφές.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η αντοχή και τα άλλα δεδομένα για το σκυρόδεμα καθορίζονται βάσει τυποποιημένων δοκιμών.

2.2 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η πυκνότητα θα προσδιορίζεται μέσω δοκιμών ή θα εκτιμάται με βάση τις γνωστές τιμές πυκνότητας των συστατικών του σκυροδέματος.

2.3 ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

2.3.1 Χαρακτηριστική αντοχή

Ο Κανονισμός αυτός βασίζεται σε θλιπτική αντοχή σκυροδέματος που μετράται σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150 mm και ύψους 300 mm ή κυβικά δοκίμια ακμής 150 mm σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} ονομάζεται η τιμή κάτω της οποίας ενδέχεται να βρεθεί το 5% των αντοχών του υπόψη σκυροδέματος.

Στην πράξη το σκυρόδεμα θεωρείται ότι ανήκει στην κατηγορία που προδιαγράφεται στην μελέτη, αν τα αποτελέσματα των δοκιμών συμφωνούν με τα κριτήρια συμμόρφωσης του Κ.Τ.Σ.

2.3.2 Κατηγορίες σκυροδέματος

Η διαστασιολόγηση πρέπει κατά κανόνα να βασίζεται σε κατηγορία σκυροδέματος που αντιστοιχεί σε καθορισμένη τιμή χαρακτηριστικής αντοχής.

Η κατηγορία του σκυροδέματος μπορεί να είναι μία από τις ακόλουθες:

C12/15 C16/20 C20/25 C25/30 C30/35
C35/40 C40/45 C45/50 C50/55

όπου ο πρώτος αριθμός κάθε κατηγορίας ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου (f_{ck}), ενώ ο δεύτερος ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κύβου ($f_{ck,cube}$) σε MPa.

Η χρήση της κατηγορίας C12/15 σε ωπλισμένο σκυρόδεμα επιτρέπεται μόνο για οικοδομικά έργα τριών ορόφων το πολύ.

Για προεντεταμένο σκυρόδεμα δεν επιτρέπονται οι κατηγορίες C12/15, C16/20 και C20/25.

2.4 ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Στον Κανονισμό αυτό, και εφόσον δεν υπάρχει άλλη ένδειξη, ο όρος «εφελκυστική αντοχή» αναφέρεται σε καθαρό αξονικό εφελκυσμό, όπως έχει ορισθεί από τον Κ.Τ.Σ.

Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος f_{ct} μπορεί να εκτιμηθεί βάσει της χαρακτηριστικής αντοχής του σκυροδέματος βάσει του Πίνακα 2.1.

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ctk0,05}$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
f_{ctm}	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0
$f_{ctk0,95}$	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2

Πίνακας 2.1

Εφελκυστική αντοχή σε MPa

Η καμπτική εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος f_{cmk} ή f_{cmm} μπορεί να εκτιμηθεί από την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{f_{cmk}}{f_{ctk}} \approx \frac{f_{cmm}}{f_{ctm}} = 0,6 + \frac{0,4}{\sqrt[4]{h}} \nless 1 \qquad (2.1)$$

όπου h είναι το ύψος του υπόψη στοιχείου (σε μέτρα).

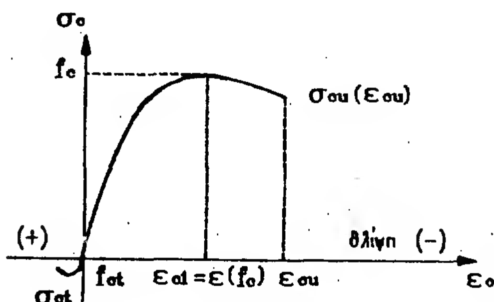
Η εξίσωση (2.1) εφαρμόζεται μόνο σε τμήματα διατομής στα οποία η κατανομή των παραμορφώσεων είναι σαφώς τριγωνική.

2.5 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

2.5.1 Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιεί αιτιολογημένως διάφορες μορφές του διαγράμματος τάσεων - παραμορφώσεων, ανάλογα με την φύση του έργου και με τις ειδικές απαιτήσεις της μελέτης. Για οικοδομικά έργα, κατάλληλα ιδεατά διαγράμματα περιέχονται στα αντίστοιχα Κεφάλαια του Κανονισμού.

Η γενική μορφή των διαγραμμάτων τάσεων - παραμορφώσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1

Σχηματικό διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων σκυροδέματος.

2.5.2 Μέτρο ελαστικότητας

Η μέση τιμή E_{cm} του επιβατικού μέτρου ελαστικότητας μπορεί να εκτιμηθεί βάσει της χαρακτηριστικής θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, μέσω του Πίνακα 2.2.

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
E_{cm}	26	28	29	31	32	34	35	36	37

Πίνακας 2.2

Μέτρο ελαστικότητας σε GPa

2.5.3 Λόγος Poisson

Για το λόγο του Poisson μπορεί να ληφθεί μια τιμή μεταξύ 0 και 0,2.

2.5.4 Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης

Για οικοδομικά έργα μπορούν να ληφθούν για τον τελικό συντελεστή ερπυσμού και την τελική συστολή ξήρανσης ($t = \infty$), ως αντιπροσωπευτικές οι τιμές του Πίνακα 2.3 εφόσον η τάση του σκυροδέματος δεν υπερβαίνει την τελική τιμή 0,4 f_{ck}.

u: περίμετρος διατομής σε επαφή με την ατμόσφαιρα	υγρές ατμοσφ. συνθήκες υπαίθρου (RH ≈ 75%)		ξηρές ατμοσφ. συνθήκες εσωτ. χώρου (RH ≈ 55%)	
ιδεατό μέγεθος $2A_c/u$	μικρό ≤200mm	μεγάλο ≥600mm	μικρό ≤200mm	μεγάλο ≥600mm
Ερπυσμός: $\varphi(t_\infty,t_0)$ Ηλικία t_0 τη στιγμή της φόρτισης μικρή (3-7 ημ.) μέση (7-60 ημ.) μεγάλη (>60 ημ.)	 2,7 2,0 1,3	 2,6 2,1 1,5	 3,5 2,4 1,6	 3,3 2,6 1,9
Συστολή ξήρανσης $\varepsilon_{cs}(t_\infty,t_0)10^3$	0,33	0,28	0,60	0,50

RH = σχετική υγρασία

A_c είναι το εμβαδόν της διατομής του στοιχείου.

Στην περίπτωση κιβωτοειδούς διατομής ή διατομής με διάκενα της οποίας το εσωτερικό συγκοινωνεί με την ελεύθερη ατμόσφαιρα, το u θα περιλαμβάνει και την εσωτερική περίμετρο.

Για ενδιάμεσες διαστάσεις, μεταξύ 200 και 600 mm, μπορεί να γίνεται γραμμική παρεμβολή στις τιμές του Πίνακα.

Πίνακας 2.3

Τελικές τιμές του συντελεστή ερπυσμού $\varphi(t_\infty, t_0)$ και βασικές τιμές της συστολής ξήρανσης $\varepsilon_{cs}(t_\infty, t_0)$ σκυροδέματος.

Για τάσεις $\sigma_c < 0,4\ f_{ckj}$, (όπου j είναι ο χρόνος μετά την έναρξη της φόρτισης) γίνονται οι εξής παραδοχές:

(i) Οι ερπυστικές παραμορφώσεις συνδέονται γραμμικά με τις τάσεις.

(ii) Όταν η επιβαλλόμενη τάση μεταβάλλεται κατά διαστήματα, οι ερπυστικές παραμορφώσεις που αντιστοιχούν στο διάστημα επιβολής κάθε τιμής της τάσης προστίθενται.

2.5.5 Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 10^{-5} ανά °C.

3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΛΥΒΑ

3.1 ΧΑΛΥΒΑΣ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

3.1.1 Γενικά

Τα μηχανικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των χαλύβων που χρησιμοποιούνται στο ωπλισμένο σκυρόδεμα καθορίζονται από πρότυπα και/ή εγκριτικές αποφάσεις ή πιστοποιητικά συμμόρφωσης.

Οι χάλυβες που καλύπτονται από τον Κανονισμό αυτόν μπορούν να διακριθούν ως εξής:

α) σύμφωνα με τη μέθοδο της παραγωγής. Οι ακολουθούμενες μέθοδοι παραγωγής είναι:

– θερμή έλαση, δίχως καμμιά περαιτέρω επεξεργασία.

- θερμή έλαση, η οποία ακολουθείται από μια άμεση εν σειρά θερμική κατεργασία.
- ψυχρή κατεργασία με στρέψη ή με όλκηση (συρματοποίηση) του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση.

β) σύμφωνα με τη μορφή της επιφάνειας σε:
- λείες κυλινδρικές ράβδους ή σύρματα (και συγκολλητά δομικά πλέγματα),
- ράβδους ή σύρματα υψηλής συνάφειας (και συγκολλητά δομικά πλέγματα), (νευροχάλυβες),

γ) σύμφωνα με τη συγκολλησιμότητα σε:
- χάλυβες συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις
- χάλυβες συγκολλήσιμους.

3.1.2 Διατομή υπολογισμών

Οι υπολογισμοί πρέπει να βασίζονται στην ονομαστική διατομή που καθορίζεται από την ονομαστική διάμετρο.

3.1.3 Χαρακτηριστική αντοχή

Χαρακτηριστική αντοχή f_{yk}, ονομάζεται η τιμή κάτω της οποίας ενδέχεται να βρεθεί το 5% των τιμών ορίου διαρροής του υπόψη χάλυβα.

Ο ίδιος ορισμός ισχύει και για το συμβατικό όριο διαρροής $f_{0,2}$, που αντιστοιχεί σε παραμένουσα παραμόρφωση 0.02%.Εάν ο παραγωγός χάλυβα εγγυάται μια ελάχιστη τιμή για το f_y ή $f_{0,2}$ η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως χαρακτηριστική.

Η εφελκυστική αντοχή f_{st} που προσδιορίζεται με δοκιμές εφελκυσμού ράβδων πρέπει επίσης να πληροί τις σχέσεις:

$$f_{st} \geq 1,1\ f_{yk} \quad (3.1)$$

$$f_{st} \geq 1,05\ f_{y,obs} \quad (3.2)$$

όπου 1,05 $f_{y,obs}$ είναι το όριο διαρροής όπως προσδιορίζεται από αυτές τις δοκιμές εφελκυσμού.

Κανονικά η μελέτη πρέπει να βασίζεται σε κατηγορία χάλυβα που αντιστοιχεί σε καθορισμένη τιμή χαρακτηριστικής αντοχής f_{yk}.

3.1.4 Οπλισμοί υψηλής συνάφειας (νευροχάλυβες)

Οι οπλισμοί υψηλής συνάφειας πρέπει να πληρούν τις συνθήκες και απαιτήσεις των σχετικών προτύπων.

3.1.5 Συγκολλητά δομικά πλέγματα

Όταν η παρουσία εγκάρσιων συγκολλημένων ράβδων λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό του μήκους αγκυρώσεως (παρ. 17.6.1), τότε κάθε συγκόλληση πρέπει να μπορεί να αναλάβει τέμνουσα δύναμη ίση με 0,3 $f_{yk}A_s$, όπου As είναι η διατομή της μεγαλύτερης από τις ράβδους που συγκολλούνται.

3.1.6 Παραμορφώσεις

3.1.6.1 Διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων

Τα πραγματικά διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων μπορούν να αντικατασταθούν με διγραμμικά ή τριγραμμικά διαγράμματα, διαλεγμένα έτσι ώστε η απλοποίηση αυτή να δίνει προσεγγίσεις υπέρ της ασφάλειας.

3.1.6.2 Μέτρο ελαστικότητας E_s

Για όλους τους χάλυβες ωπλισμένου σκυροδέματος το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να ληφθεί ίσο με 200 GPa.

3.1.6.3 Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του χάλυβα μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 10×10^{-6} ανά °C.

3.1.7 Ολκιμότητα

Θα πρέπει να δειχθεί ότι ο χάλυβας έχει επαρκή ολκιμότητα ώστε να επιτρέπει ανακατανομή εντάσεως.

3.1.8 Συγκολλησιμότητα

Βλέπε παρ. 19.3.2.

3.2 ΧΑΛΥΒΑΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

3.2.1 Γενικά

Οι μηχανικές και φυσικές ιδιότητες των χαλύβων προέντασης καθορίζονται από πιστοποιητικά.

Οι χάλυβες προέντασης που καλύπτονται από τον Κανονισμό αυτό είναι δυνατόν να περιγραφούν ως ακολούθως:

α) σύμφωνα με την κατεργασία:

α.1) θερμική κατεργασία
- χάλυβες ειδικής κατεργασίας,
- χάλυβες σκληρυμένοι με βαφή,

α.2) μηχανική κατεργασία
- χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με διέλκυση ή εξέλαση.
- χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με συστροφή ή έλξη.

Οι κατεργασίες αυτές μπορούν να συμπληρωθούν με γήρανση και σταθεροποίηση.

β) σύμφωνα με τον τύπο:
- σύρματα και ράβδοι,
- συρματόσχοινα ή καλώδια,

γ) σύμφωνα με τη μορφή:
- σύρματα ή ράβδοι λείες και κυκλικές (τα σύρματα μπορούν να είναι ίσια ή πλεγμένα),
- σύρματα ή ράβδοι με νευρώσεις κυκλικές ή μη κυκλικές.

3.2.2 Διατομή υπολογισμού

Οι υπολογισμοί πρέπει να βασίζονται στην ονομαστική διατομή, η οποία για τα σύρματα ή τις ράβδους καθορίζεται από την ονομαστική τους διάμετρο ενώ για τα συρματόσχοινα ή τα καλώδια από τις ονομαστικές διατομές των συρμάτων ή των ράβδων που τα συνθέτουν.

3.2.3 Χαρακτηριστική αντοχή

Ο ορισμός της χαρακτηριστικής αντοχής δίνεται στην παρ. 3.1.3.

Η τιμή $f_{0,2}$ μπορεί να αντικατασταθεί από την τιμή $f_{0,1}$ υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι σχέσεις (3.1) και (3.2), εάν τεθεί σ' αυτές $f_y = f_{0,2}$ και $f_{yk} = f_{0,2k}$.

Κανονικά η κατηγορία ενός χάλυβα προέντασης πρέπει να προδιαγράφεται με βάση το χαρακτηριστικό του όριο διαρροής ($f_{p0,2k}$ ή $f_{p0,1k}$) και την χαρακτηριστική του εφελκυστική αντοχή f_{ptk}.

Για την εφελκυστική αντοχή f_{ptk} πρέπει να ισχύουν κατ' αντιστοιχία οι σχέσεις (3.1) και (3.2).

3.2.4 Χαρακτηριστικά συνάφειας.

Το μήκος αγκύρωσης l_{bp} που απαιτείται για να εξασφαλισθεί η μεταβίβαση της δύναμης προέντασης στο σκυρόδεμα μετά την απελευθέρωση των άκρων των τενόντων, πρέπει να προσδιορίζεται είτε βάσει των τιμών που περιλαμβάνονται στα πιστοποιητικά του χάλυβα προέντασης προσαρμοσμένων, εάν χρειάζεται, στις συνθήκες εφαρμογής, είτε μέσω δοκιμών που να εξομοιώνουν τις συνθήκες εφαρμογής.

3.2.5 Διατάξεις αγκυρώσεων

Τα πιστοποιητικά των χαλύβων προέντασης, δίνουν στοιχεία σχετικά με τις διατάξεις αγκυρώσεων. Εάν οι παραδοχές της μελέτης ή οι συνθήκες εφαρμογής διαφέρουν από εκείνες που προβλέπονται στα πιστοποιητικά, είναι απαραίτητο να γίνονται συμπληρωματικοί έλεγχοι.

3.2.6 Παραμορφώσεις

3.2.6.1 Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Τα διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων λαμβάνονται από τα σχετικά πιστοποιητικά των χαλύβων.

3.2.6.2 Μέτρο ελαστικότητας E_s

Για όλους τους χάλυβες προέντασης το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να ληφθεί ίσο με 200 GPa.

3.2.6.3 Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής των χαλύβων προέντασης λαμβάνεται ίσος με 10×10^{-6} ανά °C.

3.2.6.4 Χαλάρωση

Οι τιμές της χαλάρωσης που θα ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό της τελικής δύναμης προεντάσεως μπορούν να προσδιορισθούν:

(i) βάσει των δεδομένων που περιέχονται στα πιστοποιητικά ή
(ii) από αποτελέσματα αξιόπιστων δοκιμών χαλάρωσης ή
(iii) όταν κρίνεται ότι τα διατιθεμένα στοιχεία δεν είναι αξιόπιστα ή επαρκή (π.χ. τιμές βασιζόμενες σε δοκιμές μικρής διάρκειας), τότε μπορούν να ληφθούν υπόψη κατάλληλες τιμές της χαλάρωσης, οι οποίες δίνονται στην διεθνή βιβλιογραφία για τις συνήθεις περιπτώσεις.

3.2.7 Ολκιμότητα

Οι χρησιμοποιούμενοι χάλυβες προέντασης πρέπει να έχουν επαρκή ολκιμότητα ώστε να είναι δυνατή η ανακατανομή εντάσεως.

3.2.8 Επιρροή υψηλής θερμοκρασίας

Αντιμετωπίζεται με κατάλληλα μέτρα για εκείνες τις ειδικές κατηγορίες κατασκευών οι οποίες λόγω της λειτουργίας τους υπόκεινται σε συστηματικό κίνδυνο πυρκαϊάς.

4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ

4.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

(i) Προένταση μετά απ' την σκλήρυνση του σκυροδέματος (Προένταση): Οι τένοντες (σύρματα, ράβδοι ή συρματόσχοινα, καλώδια) τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες και αγκυρώνονται κατάλληλα στα άκρα τους. Οι συνθήκες εφαρμογής συστημάτων αυτής της μεθόδου προέντασης καθορίζονται από τα πιστοποιητικά των συστημάτων προεντάσεως.
(ii) Προένταση πριν από την έγχυση του σκυροδέματος (Προεντεταμένη κλίνη):
Οι τένοντες (σύρματα ή συρματόσχοινα) βρίσκονται σε άμεση επαφή με το σκυρόδεμα και αγκυρώνονται μέσω συνάφειας.

4.2 ΑΡΧΙΚΗ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ

Η αρχική τάση του τένοντα, μετά την απομάκρυνση των γρύλων και αφού λειτουργήσουν οι αγκυρώσεις δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την μικρότερη από τις επόμενες δύο τιμές:

$$\sigma_{po} = 0{,}65\ f_{ptk} \quad (4.1)$$

$$\sigma_{po} = 0{,}75\ f_{p0,1k} \quad (4.2)$$

Η ελάχιστη απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος κατά την στιγμή της προέντασης, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος υποχώρησης των σωμάτων αγκύρωσης, δίδεται στα πιστοποιητικά των διαφόρων συστημάτων προέντασης.

Εφόσον υπάρχει ολίσθηση των τενόντων στις θέσεις αγκυρώσεώς των και μέσα στο μήκος επιρροής της ολίσθησης, ως μέγιστες τάσεις στον γρύλλο μπορούν να ληφθούν κατά την στιγμή της προέντασης ίσες με:

$$\sigma_{po,max} = 0{,}70\ f_{ptk} \quad (4.3)$$

$$\sigma_{po,max} = 0{,}80\ f_{p0,1k} \quad (4.4)$$

4.3 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

4.3.1 Γενικά

Για δεδομένη ηλικία του σκυροδέματος, οι απώλειες προέντασης σε μια διατομή (σε σχέση με τη μέγιστη τάση στο γρύλλο προέντασης) ισούνται με το άθροισμα:

- των απωλειών πριν από την προένταση του σκυροδέματος (παρ. 4.3.2),
- των στιγμιαίων απωλειών (παρ. 4.3.3) και
- των χρόνιων απωλειών (παρ. 4.3.4).

Η εκτίμηση των απωλειών βασίζεται γενικά στην χρησιμοποίηση μέσων τιμών των βασικών δεδομένων.

4.3.2 Απώλειες πριν από την προένταση του σκυροδέματος (Προεντεταμένη κλίνη)

Οι παρακάτω απώλειες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς:

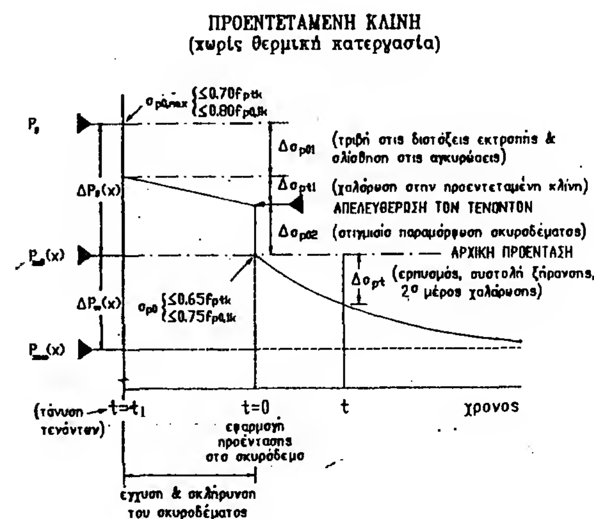
α) απώλειες λόγω τριβής στις διαμορφώσεις των καμπυλών (στην περίπτωση καμπύλων τενόντων), καθώς και απώλειες λόγω ολίσθησης στις αγκυρώσεις της προεντεταμένης κλίνης,
β) απώλειες λόγω χαλάρωσης του χάλυβα των τενόντων (που θεωρούνται ότι είναι εκτεθειμένοι) κατά την χρονική περίοδο μεταξύ έντασης των τενόντων και εφαρμογής της προέντασης στο σκυρόδεμα.

4.3.3 Στιγμιαίες απώλειες

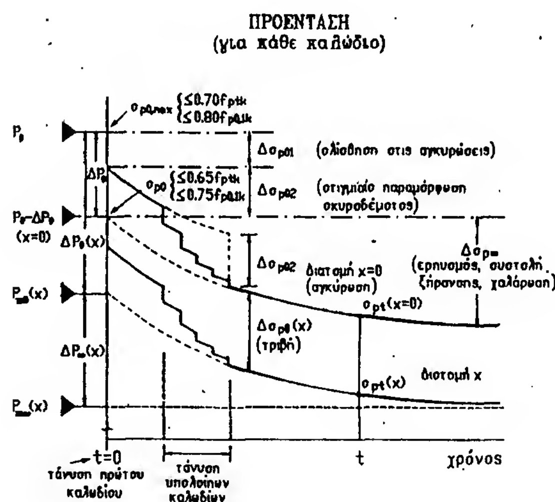
4.3.3.1 Απώλειες λόγω στιγμιαίας παραμόρφωσης του σκυροδέματος

Πρέπει να ληφθεί υπόψη η απώλεια προέντασης λόγω βράχυνσης του σκυροδέματος η οποία προκύπτει:

- στην περίπτωση προεντεταμένης κλίνης ως αποτέλεσμα της δράσης των τενόντων όταν ελευθερώνονται από τις αγκυρώσεις τους,
- στην περίπτωση προέντασης ως αποτέλεσμα του προγράμματος τάνυσης των τενόντων.



Σχήμα Σ 4.1.α
Απώλειες προέντασης σε δεδομένη διατομή (προένταση πριν από την έγχυση του σκυροδέματος)



Σχήμα Σ 4.1.β
Απώλειες προέντασης σε δεδομένη διατομή (προένταση μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος

4.3.3.2 Απώλειες λόγω τριβής (Προένταση)

Η τάση του τένοντα, $\sigma_{po}(x)$, σε μια διατομή που βρίσκεται σε απόσταση x απ' την ενεργό αγκύρωση είναι μειωμένη σε σχέση με την τάση $\sigma_{po,max}(x=0)$, στην θέση της αγκύρωσης, κατά τις απώλειες λόγω τριβής. Η τάση στην θέση x μπορεί να υπολογισθεί μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$\sigma_{po}(x) = \sigma_{po,max}(x = 0)\exp(-\mu(\alpha + kx)) \quad (4.5)$$

όπου:
μ = συντελεστής τριβής μεταξύ τένοντα και σωλήνα,
α = άθροισμα των γωνιακών αποκλίσεων του τένοντα απ' την θέση 0 μέχρι την θέση x, μετρούμενων σε ακτίνια (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η διεύθυνση ή το πρόσημό τους)
x = αθέλητη γωνιακή απόκλιση (ακτίνια ανά μονάδα μήκους) από την ακριβή χάραξη των τενόντων.

Στα πιστοποιητικά των διαφόρων συστημάτων προέντασης δίνονται τιμές για το μ και το k.

Λίπανση επιτρέπεται μόνο με λιπαντικά για τα οποία υπάρχει εγκριτική απόφαση, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος άρσης του αλκαλικού περιβάλλοντος των τενόντων.

4.3.3.3 Απώλειες λόγω ολίσθησης στις αγκυρώσεις (Προένταση)

Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ολίσθηση του τένοντα κατά την στιγμή της σφήνωσης, καθώς και η παραμόρφωση της αγκύρωσης.

4.3.3.4 Άλλες στιγμιαίες απώλειες

Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και όλα τα άλλα πιθανά αίτια στιγμιαίων απωλειών που οφείλονται στην μέθοδο ή στον εξοπλισμό προέντασης.

4.3.4 Χρόνιες απώλειες λόγω ερπυσμού και συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος και χαλάρωσης του χάλυβα.

Ο υπολογισμός των χρόνιων απωλειών λόγω ερπυσμού και συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος και χαλάρωσης του χάλυβα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την αλληλεξάρτηση των φαινομένων.

4.4 ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

4.4.1 Υπολογισμός απωλειών προέντασης

Για τις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί ο υπολογισμός των τιμών της προέντασης σε δύο χρονικές περιόδους:
- τη στιγμή της εφαρμογής της προέντασης στο σκυρόδεμα (t = 0),
- μετά από μεγάλη χρονική περίοδο (t = ∞)

Κατά τον υπολογισμό των τιμών της προέντασης στη διατομή x λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες απώλειες:

Για t = 0: Οι στιγμιαίες απώλειες (παρ. 4.3.3) στις οποίες, στην περίπτωση προεντεταμένης κλίνης, προστίθενται και οι απώλειες πριν από την προένταση του σκυροδέματος (παρ. 4.3.2)· το άθροισμα των απωλειών αυτών συμβολίζεται με ΔPo(x).

Για t = ∞: Οι προηγούμενες απώλειες ΔPo(x) αυξημένες κατά τις χρόνιες απώλειες ΔP∞(x) (παρ. 4.3.4).

4.4.2 Τιμές της προέντασης εισαγόμενες στους υπολογισμούς

Για τις συνηθέστερες περιπτώσεις αρκεί να ληφθεί υπόψη μόνο μια αντιπροσωπευτική τιμή προέντασης. Η τιμή αυτή ισούται με την μέση τιμή σε χρόνο t για την υπόψη διατομή x:

$$P_{mt}(x) = Po-(\Delta Po(x) + \Delta P_t(x)) \quad (4.6)$$

όπου:
Po = αρχική προένταση κατά την στιγμή t = 0 εφαρμοζόμενη στο άκρο (x = 0),
$\Delta P_t(x)$ = χρόνιες απώλειες σε χρόνο t στη διατομή x.

4.5 ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

Η προένταση γενικά προκαλεί:

α) τοπικά φαινόμενα στην περιοχή των αγκυρώσεων και στα σημεία όπου οι τένοντες αλλάζουν διεύθυνση.
β) «ισοστατικές» επιρροές σε ισοστατικούς φορείς,
γ) «ισοστατικές» και «υπερστατικές» επιρροές σε υπερστατικούς φορείς.

4.5.1 Διανομή της δύναμης προέντασης

α) Προένταση μετά απ' την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Σε περίπτωση ενός στοιχείου με μεγάλο πλάτος, γίνεται η παραδοχή ότι η δύναμη προέντασης διανέμεται πέραν της αγκύρωσης υπό γωνία 2β, όπου tanβ = ⅔ (β≅34°).

Σε περίπτωση πλακοδοκού γίνεται η παραδοχή ότι η δύναμη προέντασης διανέμεται:
1. πάνω στο μέσο επίπεδο του κορμού, εντός γωνίας 2β ξεκινώντας από την αγκύρωση,
2. στο μέσο επίπεδο του άνω πέλματος, υπό γωνία β εκατέρωθεν της νεύρωσης, από το σημείο όπου η διανομή στον κορμό φθάνει στο πέλμα.

β) Προένταση πριν από την έγχυση του σκυροδέματος

Η εφελκυστική τάση σ' έναν προ-τανυόμενο τένοντα υποτίθεται ότι λαμβάνει την τιμή σχεδιασμού της σε απόσταση l_{bpd} από το άκρο.

Η απόσταση αυτή ισούται με $0{,}80 l_{bp}$ ή με $1{,}2 l_{bp}$, ανάλογα με το ποια απ' αυτές τις δύο τιμές είναι δυσμενέστερη για το υπό εξέταση εντατικό μέγεθος (l_{bp} είναι το μήκος αγκύρωσης, όπως ορίσθηκε στην παρ. 3.2.4).

Ως μήκος ανάπτυξης της προέντασης ορίζεται η απόσταση μεταξύ του άκρου του τένοντα και μιας διατομής πέραν της οποίας η διανομή των διαμήκων τάσεων λόγω προέντασης θεωρείται γραμμική.

Για ορθογωνική διατομή με ευθύγραμμους τένοντες στο κάτω μέρος της διατομής, μπορεί να θεωρηθεί ότι το μήκος ανάπτυξης της προέντασης είναι:

$$l_{p,ef} = \sqrt{(0{,}8 l_{bpd})^2 + h^2} \not> l_{bpd}$$

όπου h είναι το ύψος της διατομής.

Σημειώνεται ότι κατά τον έλεγχο της αγκύρωσης πρέπει να ληφθεί υπόψη το μέγεθος του μήκους μεταθέσεως του διαγράμματος ροπών κάμψεως (παρ. 11.2.4). Για πλακοδοκούς μπορεί να υιοθετηθεί ο κανόνας διανομής προέντασης που εφαρμόζεται στην περίπτωση προέντασης μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος.

4.5.2. Τένοντες χωρίς συνάφεια

Αυτή η περίπτωση μπορεί να αφορά:
προσωρινώς μεν τένοντες οι οποίοι πρόκειται να συνδεθούν με το σκυρόδεμα μέσω τσιμεντενέματος (οι τένοντες υπάγονται σ' αυτήν την κατηγορία πριν απ' την ενεργοποίηση της σύνδεσής των με το σκυρόδεμα) μονίμως δε, όταν δεν προβλέπεται σύνδεση των τενόντων με το σκυρόδεμα (προένταση χωρίς σύνδεση).

Κατά κανόνα η δύναμη προέντασης που επιβάλλεται μέσω τενόντων χωρίς συνάφεια, θεωρείται τμήμα των δράσεων.

4.5.3. Τένοντες με συνάφεια

Ο τρόπος με τον οποίον επιδρά η προένταση ως τμήμα των δράσεων ή ως μέρος της αντίστασης μιας διατομής μεταβάλλεται με την αύξηση των δράσεων. Αυτό το δεδομένο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό των επιμέρους συντελεστών γ_R ή γ_m αντιστοίχως.
Έτσι,

1) Στις ισοστατικές επιρροές, η προένταση λαμβάνεται υπόψη σε μια διατομή ως:

(α) τμήμα της εσωτερικής αντοχής, όταν οι τένοντες επιμηκύνονται τουλάχιστον κατά ε_{pd} (παραμόρφωση που αντιστοιχεί σε τάση $f_{po,l}/\gamma_m$). Αυτή η περίπτωση θα πρέπει να εξετάζεται:
- στους διαμήκεις τένοντες, κατά τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων αντοχής έναντι ορθών δράσεων (Κεφ.10) και λυγισμού (Κεφ. 14).
- στον κατακόρυφο προεντεταμένο διατμητικό οπλισμό, κατά τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων αντοχής έναντι τεμνου-

σών δυνάμεων (Κεφ. 11) και στρέψης (Κεφ. 12).

(β) τμήμα των εξωτερικών δράσεων, όταν η επιμήκυνση των τενόντων είναι μικρότερη από την ε_{pd} (και συνεπώς οι τένοντες βρίσκονται στην ελαστική περιοχή).

2) Στις υπερστατικές επιρροές, επειδή αυτές επηρεάζονται ελάχιστα από την εξέλιξη της φόρτισης, η προένταση λαμβάνεται πάντοτε ως τμήμα των εξωτερικών δράσεων.

Για την εφαρμογή των παραπάνω διατάξεων, η διαδικασία που πρέπει να υιοθετηθεί δίνεται στον Πίνακα 4.1. Οι απαιτούμενοι επί μέρους συντελεστές ασφαλείας γ_f και γ_m, καθώς και οι συντελεστές συνδυασμών δράσεων, ψ, λαμβάνονται σύμφωνα με το Κεφ. 6.

Επιρροές λόγω προέντασης P	Εξεταζόμενη οριακή κατάσταση	Τμήμα των εξωτερικών δράσεων	Τμήμα της αντοχής
ισοστατικές	λειτουργικότητα	πάντοτε	--
	αστοχία	όταν $\varepsilon_p < \varepsilon_{pd}$ (**)	όταν $\varepsilon_p \geq \varepsilon_{pd}$
υπερστατικές	λειτουργικότητα και αστοχία	πάντοτε	--
			--

ε_p = ανηγμένη παραμόρφωση προεντεταμένου τένοντα

ε_{pd} = ανηγμένη παραμόρφωση που αντιστοιχεί σε τάση $\sigma p = fp0,1k/\gamma m$

Πίνακας 4.1
Εισαγωγή της προέντασης στους υπολογισμούς

5. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

5.1. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ, ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ

Για να εξασφαλιστεί η ανθεκτικότητα σε διάρκεια μιας κατασκευής, θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλα υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- η χρήση,
- τα κριτήρια σχεδιασμού,
- οι συνθήκες περιβάλλοντος,
- η σύνθεση, οι ιδιότητες και η συμπεριφορά των υλικών,
- η μορφολογία των δομικών στοιχείων και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες,
- το επίπεδο του εργατικού δυναμικού και του ποιοτικού ελέγχου,
- τα τυχόν ειδικά προστατευτικά μέτρα,
- η πιθανολογούμενη συντήρηση, κατά την διάρκεια της ζωής του έργου.

Ειδικότερα, οι συνθήκες περιβάλλοντος που θα διέπουν την κατασκευή κατά την ενεργό ζωή της, θα πρέπει να εκτιμηθούν κατά τον σχεδιασμό του έργου έτσι ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγηση της σπουδαιότητάς των σε σχέση με την ανθεκτικότητα σε διάρκεια και να προβλέπονται τα κατάλληλα μέτρα. Βασικό μεταξύ των μέτρων αυτών είναι το μέγεθος της εκ σκυροδέματος επικαλύψεως των οπλισμών.

Ορίζονται 4 κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος ως εξής:

Κατηγορία 1: Ελάχιστα διαβρωτικό περιβάλλον.
Κατηγορία 2: Μετρίως διαβρωτικό περιβάλλον.
Κατηγορία 3: Παραθαλάσσιο περιβάλλον. Παραθαλάσσιες περιοχές (απόσταση από την ακτή (1km) ή υποθαλάσσια έργα).
Κατηγορία 4: Πολύ διαβρωτικό περιβάλλον. Βιομηχανικές ζώνες, χώροι με υψηλή περιεκτικότητα σε χημικά προϊόντα (αέρια, υγρά, ξηράς μορφής)

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ οποιουδήποτε οπλισμού και της πλησιέστερης επιφάνειας σκυροδέματος (επικάλυψη) δίνεται στον Πίνακα 5.1.

Η ονομαστική τιμή επικαλύψεως σκυροδέματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη κατά 5mm της ελαχίστης.

Βασικές τιμές				Διόρθωση για				
Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος				Πλάκες ή κελύφη	Προτανυόμενους τένοντες	Προεντεταμένους τένοντες	C12-C20	C40-C50
1	2	3	4					
15	20	40	25-40*	-5	+5	+10	+5	-5

*αναλόγως της διαβρωτικότητας του μέσου

Η τελική τιμή της ελάχιστης επικάλυψης δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 15 mm

Για σκυροδετήσεις εν επαφή με το έδαφος η ελάχιστη επικάλυψη είναι

- για απευθείας σκυροδέτηση σε μη διαμορφωμένο έδαφος 75 mm
- για σκυροδέτηση επί διαμορφωμένου εδάφους 40mm

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1
Ελάχιστες επικαλύψεις σε mm

5.2. ΑΝΟΧΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα οικοδομικά έργα (εκτός αν ισχύει άλλη ειδική προδιαγραφή) πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις ανοχών, οι οποίες αντιστοιχούν σε μια πιθανή απόκλιση Δl μιας διάστασης l σε σχέση με την ονομαστική της τιμή:

α) ανοχές διαστάσεων διατομών σκυροδέματος (ύψος δοκού ή πλάκας, πλάτος δοκού ή πάχος κορμού πλακοδοκού, διαστάσεις διατομής υποστυλώματος), και ωφέλιμων υψών:

$l \leq 150mm \quad : \Delta l = \pm\ 10mm$ (5.1)

$l = 400mm \quad : \Delta l = \pm\ 20mm$ (5.2)

$l \geq 2500mm \quad : \Delta l = \pm\ 30mm$ (5.3)

με γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες τιμές του l.(l = b,d ή h κατά περίπτωση)

β) ανοχές απόκλισης υποστυλωμάτων από την κατακόρυφο (γωνία Δα σε ακτίνια):

- μεταξύ δύο συνεχόμενων ορόφων

$$\Delta\alpha = 0{,}0040 \quad (5.4)$$

– για το συνολικό ύψος του υποστυλώματος (απόκλιση της ευθείας που ενώνει την κορυφή με τη βάση του)

$$\Delta\alpha = 0{,}010/(n+2) \quad (5.5)$$

όπου n ο αριθμός των ορόφων

γ) ανοχές απόκλισης της συνισταμένης των δυνάμεων προέντασης από την ονομαστική της θέση:

$l \leq 200mm$

– για τένοντες οι οποίοι είναι τμήματα δέσμης τενόντων, για μεμονωμένους τένοντες και για δέσμες τενόντων:

$$\Delta l = \pm\ 0{,}025 l \quad (5.6)$$

$l > 200mm$

– για τένοντες οι οποίοι είναι τμήματα δέσμης τενόντων και για μεμονωμένους τένοντες

$$\Delta l = \pm\ 0{,}025 l \ \not> \pm\ 20mm \quad (5.7)$$

– για δέσμες τενόντων

$$\Delta l = \pm\ 0{,}04 l \ \not> \pm\ 30mm \quad (5.8)$$

όπου l είναι η εκάστοτε εξεταζόμενη διάσταση του στοιχείου.

Οι απαιτήσεις ανοχών έχουν ικανοποιηθεί αν οι ανοχές της προδιαγραφής δεν έχουν ξεπερασθεί εις βάρος της ασφάλειας σε περισσότερο από το 5% των περιπτώσεων.

Όταν οι απαιτήσεις ελάχιστων ανοχών δεν ικανοποιούνται, πρέπει να γίνει συμπληρωματική μελέτη, η οποία να λαμβάνει υπόψη τις υπάρχουσες ανοχές (εφόσον η επιρροή τους είναι δυσμενής).

6. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

6.1.1 Μορφολογία δομικού συστήματος

Ο σχεδιασμός των κατασκευών βασίζεται κατ' αρχήν στην μόρφωση ενός σαφούς δομικού συστήματος καλής μορφολογίας, τόσο στα επί μέρους δομικά στοιχεία, όσο και στο σύνολο.

Κατασκευές μη ευνοϊκής μορφολογίας πρέπει να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερη προσοχή και επιμέλεια, τόσο κατά την ανάλυση του δομικού συστήματος (με σκοπό τον αξιόπιστο προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών), όσο και κατά τις λεπτομέρειες όπλισης.

Κατά τον σχεδιασμό έναντι σεισμικών δράσεων πρέπει να εξασφαλίζεται ότι:

α) Η καμπτική αστοχία προηγείται της διατμητικής αστοχίας (παρ. 8.6).

β) Η αντοχή σε κάμψη των υποστυλωμάτων που συντρέχουν σε ένα κόμβο είναι τουλάχιστον ίση προς την αντοχή σε κάμψη των δοκών που συντρέχουν στον ίδιο κόμβο (παρ. 8.7).

γ) Σε περίπτωση πλακών εδραζομένων απευθείας σε υποστυλώματα πρέπει να επιδιώκεται κατά το δυνατόν η ανάληψη των σεισμικών δυνάμεων από τοιχώματα, πλαίσια ή συνδυασμό των δύο. Επιτρέπεται, υπό τις προϋποθέσεις της παρ. 9.1.7, τμήμα των σεισμικών δυνάμεων να παραλαμβάνεται από το σύστημα πλακών - στύλων.

δ) Κτίρια μη κλειστής κάτοψης (σχήματος Γ, Π κ.λπ.) ή κτίρια αποτελούμενα από γειτονικά τμήματα με διαφορετικό αριθμό ορόφων, συνιστάται να χωρίζονται με αρμούς σε κατά το δυνατόν πρισματικά υποσυστήματα. Πρέπει να αποφεύγονται κτίρια με μεγάλες μάζες πάνω σε δομικά στοιχεία μεγάλης ευκαμψίας.

Συνιστάται η συμμετρική διάταξη των κατακόρυφων στοιχείων δυσκαμψίας.

6.1.2 Αρχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός ενός δομικού συστήματος γίνεται για να εξασφαλισθεί η φέρουσα ικανότητα και η λειτουργικότητά του.

Για τον σκοπό αυτό εξετάζονται δύο κατηγορίες οριακών καταστάσεων, οι οριακές καταστάσεις αστοχίας και οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (παρ. 6.2).

Ο έλεγχος έναντι μιας οριακής κατάστασης γίνεται εν γένει συγκρίνοντας μια συνισταμένη δράση σχεδιασμού S_d με μια συνισταμένη αντίσταση σχεδιασμού R_d. Για να μην υπάρχει υπέρβαση της υπό εξέταση οριακής κατάστασης θα πρέπει:

$$S_d \leq R_d \quad (6.1)$$

Οι δράσεις και οι αντιστάσεις σχεδιασμού καθορίζονται με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας όπως στην παρ. 6.3.

Στην περίπτωση που οι δράσεις μπορούν να εκφρασθούν σε εντατικά μεγέθη, τα οποία αντιπροσωπεύουν την εξεταζόμενη οριακή κατάσταση, είναι δυνατή η σύγκριση δράσεων και αντιστάσεων, σχέση (6.1), μέσω εντατικών μεγεθών.

Ο έλεγχος της κατασκευής περιλαμβάνει δύο μέρη:

1. τον προσδιορισμό των δυσμενέστερων δράσεων ή εντατικών μεγεθών (Κεφάλαια 7, 8, 9, 15, 16) και
2. τον προσδιορισμό των αντιστάσεων.

Οριακές καταστάσεις αστοχίας (Κεφάλαια 10, 11, 12, 13, 14) και λειτουργικότητας (Κεφάλαια 15, 16).

6.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Ένας φορέας θεωρείται ότι δεν εκπληρώνει τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάσθηκε, όταν φθάσει σε μια ειδική κατάσταση (που λέγεται «οριακή κατάσταση») όπου παύει να ανταποκρίνεται σ' ένα απ' τα κριτήρια τα σχετικά με την φέρουσα ικανότητά του ή την λειτουργικότητά του.

Οι οριακές καταστάσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

α) οριακές καταστάσεις αστοχίας, που αντιστοιχούν στην μέγιστη φέρουσα ικανότητα.

β) οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας, που συνδέονται με τα κριτήρια που διέπουν την κανονική χρήση και την ανθεκτικότητα.

6.2.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Οριακές καταστάσεις αστοχίας θεωρούνται οι ακόλουθες:

1. Απώλεια στατικής ισορροπίας ενός στοιχείου ή του συνόλου της κατασκευής θεωρούμενης ως στερεού σώματος (παρ. 6.5).
2. Μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό (παρ. 9.1.4).
3. Οριακές καταστάσεις αντοχής σε κρίσιμες διατομές:
   α) έναντι ορθών εντατικών μεγεθών (ροπή κάμψης και/ή αξονική δύναμη βλέπε Κεφάλαιο 10)
   β) έναντι διατμητικών καταπονήσεων, δηλαδή:
   - τέμνουσα (βλ. Κεφάλαιο 11),
   - στρέψη (βλ. Κεφάλαιο 12),
   - διάτρηση (βλ. Κεφάλαιο 13),
   - συνάφεια, αγκύρωση.

   Ο Κανονισμός αυτός δεν περιλαμβάνει ελέγχους έναντι οριακών καταστάσεων συνάφειας ή αγκύρωσης διότι η τήρηση των κανόνων του Κεφαλαίου 17 εξασφαλίζει έναντι υπερβάσεως αυτών των οριακών καταστάσεων.
4. Οριακές καταστάσεις λυγισμού (βλ. Κεφάλαιο 14) και ύβωσης. Πρόκειται για οριακές καταστάσεις ελαστοπλαστικής ευστάθειας. Σε λυγισμό εξετάζονται οι γραμμικοί φορείς και σε ύβωση οι επιφανειακοί.
5. Οριακές καταστάσεις κόπωσης.

6.2.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας θεωρούνται:

1. Η ρηγμάτωση (βλέπε Κεφάλαιο 15)
2. Η παραμόρφωση (βλέπε Κεφάλαιο 16)

6.3 ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

6.3.1 Γενικά

Τιμή σχεδιασμού ονομάζεται η τιμή με την οποία οι δράσεις ή οι αντοχές εισάγονται στην βασική ανίσωση σχεδιασμού (6.1).

Οι τιμές σχεδιασμού S_d μιας δράσης λαμβάνονται ως γινόμενο της αντιπροσωπευτικής της τιμής S_k επί τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_f:

$$S_d = \gamma_f S_k \quad (6.2)$$

Οι τιμές σχεδιασμού R_d ενός μεγέθους αντοχής προκύπτουν απ' την διαίρεση της αντιπροσωπευτικής του τιμής R_k με τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m:

$$R_d = R_k/\gamma_m \quad (6.3)$$

6.3.2 Τιμές σχεδιασμού δράσεων

6.3.2.1 Ορισμοί

Οι δράσεις που ασκούνται σε μια κατασκευή μπορούν να είναι:
- δυνάμεις συγκεντρωμένες ή κατανεμημένες ή/και
- επιβαλλόμενες παραμορφώσεις διακρίνονται δε σε μόνιμες, μεταβλητές, τυχηματικές και προένταση.

6.3.2.2 Μόνιμες δράσεις

Στις μόνιμες δράσεις με αντιπροσωπευτική τιμή G_k περιλαμβάνονται:
- το ίδιο βάρος της φέρουσας κατασκευής υπολογιζόμενο βάσει των ονομαστικών διαστάσεων,
- το βάρος του οργανισμού πλήρωσης, των επιστρώσεων και γενικά το βάρος κάθε πρόσθετης κατασκευής που θα παραμείνει μονίμως στο έργο,
- οι δράσεις που οφείλονται στην παρουσία υγρών, με πρακτικά σταθερή στάθμη.

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές της προέντασης P_k δίνονται στη παρ. 4.4. Οι τιμές σχεδιασμού G_d των μονίμων δράσεων δίνονται από τη σχέση:

$$G_d = \gamma_g . G_k \quad (6.4)$$

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_g των μονίμων δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.1.

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1,35	1,0
	Τυχηματικοί	1,0	1,0
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1,0	1,0

Πίνακας 6.1
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_g

6.3.2.3 Μεταβλητές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων δίνονται από τους Κανονισμούς φορτίσεων.

Για ειδικές κατασκευές άμεσα εκτεθειμένες στις περιβαλλοντικές δράσεις (άνεμος, χιόνι, θερμοκρασία) επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν, μετά από σύμφωνη γνώμη της Ελεγκτικής Αρχής, ακριβέστερες αντιπροσωπευτικές τιμές εφόσον υπάρχουν τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία.

Όταν δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μιας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετάζονται κατάλληλοι συνδυασμοί δράσεων.

Οι τιμές σχεδιασμού Q_d των μεταβλητών δράσεων είναι:
- για την δράση με την μεγαλύτερη επιρροή στην οριακή κατάσταση

$$Q_d = \gamma_q . Q_k \quad (6.5)$$

- για όλες τις υπόλοιπες

$$Q_d = \gamma_q . \psi . Q_k \quad (6.6)$$

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_q των μεταβλητών δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.2.

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1,50	0,0
	Τυχηματικοί	1,0	0,0
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1,0	0,0

Πίνακας 6.2
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_q

Οι συντελεστές συνδυασμού ψ είναι διαφορετικοί για τις διάφορες δράσεις και εξαρτώνται από την μακροχρόνια ή βραχυχρόνια επίδρασή τους στην εξεταζόμενη οριακή κατάσταση. Τιμές του ψ δίνονται στον Πίνακα 6.3.

ΔΡΑΣΕΙΣ		Επιδρ. στην οριακή κατάσταση	
		βραχυχρόνια ψ1	μακροχρόνια ψ2
Ωφέλιμα Φορτία	* Κατοικίες,	0,6	0,3
	* Γραφεία, καταστήματα	0,7	0,4
	* Χώροι συνάθροισης κοινού (στάδια, σχολεία, θέατρα, κλπ.)	0,8	0,5
	* Χώροι μακροχρόνιας αποθήκευσης (βιβλιοθήκες, αποθήκες, κλπ)	1,0	0,6
	* Χώροι στάθμευσης	0,9	0,6
Ανεμος, χιόνι		0,6	0,0

Πίνακας 6.3
Συντελεστές συνδυασμού ψ των μεταβλητών δράσεων για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

6.3.2.4 Τυχηματικές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των τυχηματικών δράσεων F_k δίνονται από τους Κανονισμούς φορτίσεων. Οι τιμές σχεδιασμού, F_d, των τυχηματικών δράσεων δίνονται από την σχέση:

$$F_d = F_k \quad (6.7)$$

6.3.2.5 Προένταση

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των δυνάμεων προέντασης P_k δίνονται στην παρ. 4.4 (βλ. επίσης παρ. 4.5). Οι τιμές σχεδιασμού P_d της προέντασης δίνονται από την σχέση:

$$P_d = \gamma_p . P_k \quad (6.8)$$

Οι συντελεστές ασφαλείας γ_p για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.4.

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1,2	0,9
	Τυχηματικοί	1,0	1,0
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1,0	1,0

Πίνακας 6.4
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_p

6.3.3 Τιμές σχεδιασμού αντοχών

Για την διευκόλυνση της μελέτης χρησιμοποιούνται ιδεατά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων για το σκυρόδεμα και για τον χάλυβα.

Τα διαγράμματα σχεδιασμού τάσεων - παραμορφώσεων προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά διαγράμματα μέσω της σχέσεως:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{\gamma_m} \quad (6.9)$$

Ιδιαίτερα για την αντοχή σχεδιασμού των υλικών ισχύει

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (6.10)$$

Οι συντελεστές ασφαλείας γ_m (των αντοχών του σκυροδέματος γ_c και του χάλυβα γ_s) για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται από τον Πίνακα 6.5.

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Σκυρόδεμα	Χάλυβες
		γc	γs
Αστοχίας	Βασικοί	1,5	1,15
	Τυχηματικοί	1,3	1,0
	Τυχηματικοί με σεισμό	1,5	1,15
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1,0*	1,0

Πίνακας 6.5
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m

6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Ο έλεγχος έναντι των οριακών καταστάσεων αστοχίας και λειτουργικότητας γίνεται μέσω της εξίσωσης (6.1).

Σε περίπτωση που δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μιας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετασθούν διάφοροι συνδυασμοί δράσεων ώστε να προσδιορισθεί η δυσμενέστερη τιμή S_d.

6.4.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

6.4.1.1 Συνδυασμός βασικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού δράσεων S_d προσδιορίζεται εξετάζοντας τους συνδυασμούς:

$$S_d = S\,(\gamma_g{\cdot}G_k + \gamma_q{\cdot}Q_{1k} + \gamma_q\Sigma\psi_{1i}\,Qi_k + \gamma_p{\cdot}P_k) \quad (6.11)$$

όπου $i > 1$

Q_{1k} είναι η χαρακτηριστική τιμή της βασικής μεταβλητής δράσης του υπόψη συνδυασμού.

Κάθε μεταβλητή δράση Q_{1k} λαμβάνεται διαδοχικά ως βασική, εκτός εάν είναι προφανές ότι κάποιος απ' τους συνδυασμούς δεν είναι καθοριστικός.

Όλες οι δράσεις χωρίζονται σε τμήματα που δρουν ευμενώς και τμήματα που δρουν δυσμενώς στην οριακή κατάσταση και πολλαπλασιάζονται με τους αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας.

6.4.1.2 Συνδυασμός τυχηματικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων S_d προκύπτει απ' τους συνδυασμούς

$$S_d = S\,(F_d + \gamma_g G_k + \gamma_q\Sigma\psi_{2i}Q_{ik} + \gamma_p P_k) \quad (6.12)$$

όπου $i > 1$

Για τον υπολογισμό των σεισμικών φορτίων ο συντελεστής ε του ισχύοντος Αντισεισμικού κανονισμού (ΦΕΚ 239 Β/16.4.1984) θα λαμβάνεται αυξημένος κατά 70%, ώστε να ληφθεί υπόψη η διαφορά στάθμης ελέγχου (οριακή αντοχή - επιτρεπόμενες τάσεις) του παρόντος κανονισμού με τον κανονισμό ωπλισμένου σκυροδέματος ΦΕΚ. 1954.

6.4.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

6.4.2.1 Συνδυασμοί δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων S_d προσδιορίζεται απ' τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S\,(\gamma_g G_k + \gamma_q{\cdot}Q_{1k} + \gamma_q{\cdot}\Sigma\psi_{1i}Q_{ik} + \gamma_p{\cdot}P_k) \quad (6.13)$$

όπου $i > 1$

και τους μακροχρόνιους συνδυασμούς

$$S_d = S\,(\gamma_g G_k + \gamma_q{\cdot}Q_{1k} + \gamma_q{\cdot}\Sigma\psi_{2i}Q_{ik} + \gamma_p{\cdot}P_k) \quad (6.14)$$

όπου $i > 1$

6.5 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Για τον έλεγχο της στατικής ισορροπίας της κατασκευής πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες

$$S\,(1{,}35G - 1{,}5\,(Q_{1k} + \Sigma\psi_1 Q_{ik})) > 0 \quad (6.15a)$$

και

$$S\,(0{,}9G_1 - 1{,}1\,G_2 - 1{,}5(Q_{ik} + \Sigma\psi_1 Q_{ik})) > 0 \quad (6.15\beta)$$

όπου $i > 1$

Στην σχέση (6.15) λαμβάνονται με την απόλυτη τιμή τους:
- το σύνολο των μονίμων δράσεων G.
- τα τμήματα G_1 και G_2 του συνόλου των μονίμων δράσεων G που συμβάλλουν στην ευστάθεια ή δρουν κατά της ευστάθειας αντιστοίχως.
- Οι μεταβλητές δράσεις Q_{ik} που δρουν κατά της ευστάθειας, και στις οποίες περιλαμβάνονται και ειδικές δράσεις κατά την φύση κατασκευής.

Ο έλεγχος στατικής ισορροπίας περιλαμβάνει τους ελέγχους ολίσθησης, ανατροπής και ανύψωσης.

Η ενεργοποίηση τυχόν παθητικής ώθησης γαιών η οποία συμβάλλει στην ευστάθεια πρέπει να αποδεικνύεται. Για να ληφθεί υπόψη στην εξίσωση (6.15) πρέπει να εξασφαλίζεται κατασκευαστικά και η ανάπτυξή της. Στην περίπτωση αυτή πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή 0,7.

7. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

7.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Το δομικό σύστημα πρέπει να ελέγχεται σε όλες τις φάσεις κατασκευής καθώς και μετά την ολοκλήρωσή του για όλους τους δυσμενείς συνδυασμούς φορτίσεων.

Ο προσδιορισμός της εντατικής κατάστασης γίνεται με διάφορες μεθόδους ανάλυσης.

Η ανάλυση λαβανομένης υπόψη της συμπεριφοράς των υλικών μπορεί να είναι:

- ελαστική, κατά την οποίαν ο προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών γίνεται με την θεωρία ελαστικότητας
- πλαστική, μόνον για μετέλεγχο υφισταμένων κατασκευών (θεωρία πλαστικών αρθρώσεων, μέθοδος γραμμών διαρροής, μέθοδος θλιπτήρων - ελκυστήρων).

Σε όσες περιπτώσεις απαιτείται, η ανάλυση θα λαμβάνει υπόψη την επίδραση των παραμορφώσεων στην εντατική κατάσταση (θεωρία 2ης τάξεως). Η ανάλυση για προσδιορισμό των οριακών μεγεθών αντοχής μπορεί να είναι:

- γραμμική με παραδοχή γραμμικών διαγραμμάτων ροπών-καμπυλοτήτων, τάσεων-παραμορφώσεων ή
- μη γραμμική με παραδοχή μη γραμμικών διαγραμμάτων ροπών-καμπυλοτήτων, ροπών-στροφών, και τάσεων-παραμορφώσεων.

Ανάλογα με το είδος της ανάλυσης που έχει ακολουθηθεί για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών, ο έλεγχος πραγματοποιείται ως εξής:

- εάν έχει γίνει ελαστική ανάλυση, ελέγχονται διατομές μέσω συγκρίσεως των μεγεθών έντασης και παραμόρφωσης του υπολογισμού με τα αντίστοιχα οριακά μεγέθη αντοχής και
- εάν έχει γίνει πλαστική ανάλυση, ελέγχεται το σύστημα, μέσω απ' ευθείας συγκρίσεως των δράσεων με την αντοχή του συστήματος.

Όταν οι επιρροές των επιβαλλόμενων παραμορφώσεων (λόγω συστολής ξήρανσης, θερμοκρασιακών μεταβολών, λόγω μεταβολών συνθηκών στήριξης) λαμβάνονται υπόψη επιτρέπεται να ληφθεί υπόψη η μείωση της ακαμψίας λόγω ρηγμάτωσης και ερπυσμού.

7.2 ΒΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

7.2.1 Δομικό σύστημα και δομικά στοιχεία: Ορισμοί και παραδοχές

Το δομικό σύστημα που χρησιμοποιείται για την ανάλυση αποτελεί ένα απλοποιημένο προσομοίωμα του πραγματικού δομικού συστήματος της κατασκευής και παρά τις τυχόν απλοποιήσεις, πρέπει να επιτρέπει την αξιόπιστη εκτίμηση των μεγεθών έντασης και παραμόρφωσης.

Το δομικό σύστημα είναι δυνατό να αποτελείται από γραμμικά δομικά στοιχεία (δοκοί, υποστυλώματα), επιφανειακά δομικά στοιχεία (πλάκες, υψίκορμοι δοκοί, τοιχώματα, κόμβοι γραμμικών δομικών στοιχείων, κελύφη) και, σε ειδικές περιπτώσεις, τρισδιάστατα δομικά στοιχεία.

7.2.1.1 Γραμμικά δομικά στοιχεία

Τα δομικά στοιχεία θεωρούνται γραμμικά, εάν η μια διάστασή τους είναι σχετικώς μεγάλη σε σχέση με τις άλλες δύο.

7.2.1.2 Επιφανειακά δομικά στοιχεία

Επιφανειακά δομικά στοιχεία θεωρούνται τα στοιχεία των οποίων το πάχος είναι σχετικώς μικρό σε σχέση με τις άλλες δύο διαστάσεις.

7.2.1.2.α Πλάκες

Οι πλάκες είναι επίπεδα επιφανειακά δομικά στοιχεία στα οποία το διάνυσμα των ροπών κάμψης κείται στο μέσο επίπεδό τους.

7.2.1.2.β Δίσκοι

Οι δίσκοι είναι επίπεδα επιφανειακά δομικά στοιχεία που καταπονούνται από δυνάμεις και ροπές, οι οποίες παράγουν ένταση εντός του μέσου επιπέδου τους.

7.2.1.2.γ Κελύφη

Τα κελύφη είναι καμπύλα επιφανειακά δομικά στοιχεία.

7.2.1.2.δ Πτυχωτοί φορείς

Οι πτυχωτοί φορείς είναι φορείς στο χώρο που αποτελούνται από δίσκους, οι οποίοι συνδέονται έτσι ώστε στην κοινή ακμή να σχηματίζεται γωνία και να μεταβιβάζονται δυνάμεις.

7.2.2 Θεωρητικό άνοιγμα

Το θεωρητικό άνοιγμα ενός στοιχείου υπολογίζεται από την σχέση

$$l = l_n + \sum_{i=1}^{2} \alpha_i \qquad (7.1)$$

όπου l_n είναι η απόσταση των παρειών των στηρίξεων.

Η τιμή του α_i λαμβάνεται:

- για μη συνεχή στοιχεία
  α_i = min (1/3 t, 0,025 ln)
- για συνεχή στοιχεία α_i = 1/2 t
- για πάκτωση
  α_i = min (1/2 t, 0,025 ln)
- για πακτωμένο πρόβολο
  α_i = 0 (t είναι το πλάτος έδρασης)

7.2.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών υπολογίζονται με βάση τις πραγματικές διαστάσεις των διατομών στο υπόψη στάδιο κατασκευής.

α) Ονομαστικές διατομές

Είναι αυτές απ' τις οποίες δεν αφαιρούνται οι επιφάνειες των οπλισμών ωπλισμένου σκυροδέματος ή οι επιφάνειες των κενών (οπές, δίοδοι ή σωλήνες) που προορίζονται για τους τένοντες προεντεταμένου σκυροδέματος.

β) Καθαρές διατομές

Είναι οι διατομές που προκύπτουν αφού αφαιρεθούν απ' τις ονομαστικές διατομές όλα τα διαμήκη και εγκάρσια κενά, ακόμα και αν αυτά πρόκειται να πληρωθούν εκ των υστέρων.

γ) Ιδεατές διατομές

Είναι εκείνες που λαμβάνουν υπόψη και τις διατομές του χάλυβα πολλαπλασιασμένες με τον λόγο των μέτρων ελαστικότητας α. Ο λόγος αυτός εξαρτάται απ' την πιθανή διάρκεια εφαρμογής του υπόψη συνδυασμού δράσεων:

- αν η διάρκεια είναι μικρή, ώστε να αγνοείται ο ερπυσμός, τότε:

$$\alpha = E_s / E_c \qquad (7.2)$$

- αν η διάρκεια είναι μεγάλη τότε:

$$\alpha = (E_s / E_c)\,[1 + \varphi(t,t_o)] \qquad (7.3)$$

όπου:

$\varphi(t,t_o)$ = συντελεστής ερπυσμού.

8. ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

8.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η επίλυση του δομικού συστήματος γίνεται με την θεωρία της ελαστικότητας που μπορεί να είναι γραμμική (παρ. 8.2.1) ή γραμμική με περιορισμένη ανακατανομή (παρ. 8.2.2) καθώς και με την θεωρία πλαστικών αρθρώσεων (παρ. 8.3).

Η μέθοδος ανάλυσης πρέπει να βασίζεται σε ένα αξιόπιστο αναλυτικό ομοίωμα της κατασκευής.

8.2 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεωρία ελαστικότητας. Οι μετατοπίσεις μπορεί να είναι μικρές (θεωρία 1ης τάξης) ή μεγάλες (θεωρία 2ης τάξης).

8.2.1 Γραμμική ελαστική ανάλυση

Η γραμμική ελαστική ανάλυση εφαρμόζεται για ελέγχους οριακών καταστάσεων αστοχίας και οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.

Ο προσδιορισμός των δυσκαμψιών για την επίλυση στατικώς αορίστων συστημάτων γίνεται γενικώς στο στάδιο Ι με βάση τις ονομαστικές ή ιδεατές διατομές (παρ. 7.2.3).

8.2.2 Γραμμική ελαστική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή

8.2.2.1 Γενικά

Για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας επιτρέπεται ανακατανομή των ροπών που προέκυψαν από την γραμμική ανάλυση.

Οι συνέπειες της ανακατανομής των ροπών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για όλα τα εντατικά μεγέθη (π.χ. και για τις τέμνουσες), ώστε να ικανοποιούνται οι εξισώσεις ισορροπίας.

Η δυνατότητα ανακατανομής εξαρτάται από την πλαστιμότητα της διατομής, η οποία είναι συνάρτηση του λόγου x/d, όπου x το ύψος της θλιβόμενης ζώνης της υπόψη διατομής και d το στατικό της ύψος.

8.2.2.2 Συνθήκες πλαστιμότητας

Επιτρέπεται η μείωση των μεγίστων ροπών κάμψεως με τον πολλαπλασιασμό επί τον συντελεστή δ ο οποίος προσδιορίζεται από την εξίσωση:

$$0{,}5 + 1{,}25x/d < \delta < 1{,}0 \qquad (8.1)$$

και πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες:

α) για συνεχείς δοκούς και αμετάθετα πλαίσια

$$\delta > 0{,}7 \qquad (8.2)$$

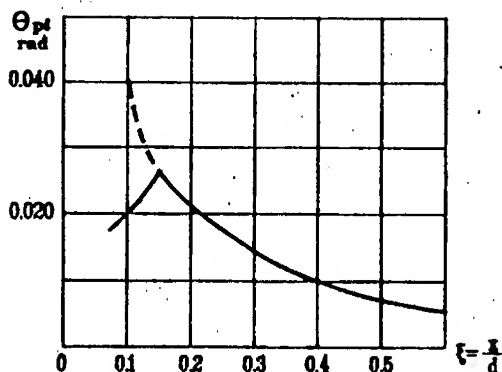
β) για μεταθετά πλαίσια

$$\delta > 0{,}90 \qquad (8.3)$$

8.3 ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η πλαστική ανάλυση επιτρέπεται να εφαρμόζεται μόνον για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας υφισταμένων κατασκευών.

Η πλαστική ανάλυση γίνεται με βάση την θεωρία πλαστικών αρθρώσεων, όπου οι πλαστικές παραμορφώσεις (πλαστικές στροφές), θεωρούνται συγκεντρωμένες σε ορισμένες διατομές του φορέα. Η επιτρεπόμενη τοπική πλαστική στροφή μπορεί να ληφθεί απ' το παρακάτω διάγραμμα, το οποίο δεν λαμβάνει υπόψη την ευμενή επιρροή του εγκάρσιου οπλισμού.



Σχήμα 8.1
Επιτρεπόμενη πλαστική στροφή

Η ανάλυση είναι δυνατόν να γίνει και με ελαστοπλαστικές μεθόδους. Σε αυτή την περίπτωση για τα διαγράμματα ροπών-καμπυλοτήτων είναι συχνά ικανοποιητική η υιοθέτηση διγραμμικών παραστάσεων που περιγράφουν:

- το στάδιο Ι: σχυρόδεμα μη ρηγματωμένο, γραμμική - ελαστική συμπεριφορά,
- το στάδιο ΙΙ: σχυρόδεμα ρηγματωμένο.

Για τα διαγράμματα ροπών-στροφών μπορεί να υιοθετηθεί μια τριγραμμική παράσταση που περιγράφει και το στάδιο ΙΙΙ, της ανάπτυξης πλαστικής στροφής θ_{pl} στην διατομή.

8.4 ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΠΛΑΤΟΣ ΠΛΑΚΟΔΟΚΩΝ

Σε περιπτώσεις διατομών όπου η επιρροή της διάτμησης είναι σημαντική δεν ισχύει ο νόμος της επιπεδότητας των διατομών. Για την απλοποίηση των υπολογισμών εισάγεται το συνεργαζόμενο πλάτος των διατομών και ο νόμος της επιπεδότητας θεωρείται ότι εξακολουθεί να ισχύει. Οι τιμές του συνεργαζόμενου πλάτους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

8.5 ΔΥΣΤΡΕΨΙΑ

Σε περίπτωση έλλειψης ακριβέστερων στοιχείων για τον υπολογισμό εντατικών μεγεθών θα χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τιμές, οι οποίες μπορούν να ληφθούν σταθερές για όλο το μήκος κάθε ανοίγματος

$$K_{I} = 0{,}30E_cC/(1 + 1{,}0\varphi) \qquad (8.4)$$

$$K_{IIm} = 0{,}10E_cC/(1 + 0{,}3\varphi) \qquad (8.5)$$

$$K_{IIt} = 0{,}05E_cC/(1 + 0{,}3\varphi) \qquad (8.6)$$

όπου:

K_I = δυστρεψία σταδίου Ι, απουσία ρωγμών,
K_{IIm} = δυστρεψία σταδίου ΙΙ, καμπτικές ρωγμές,
K_{IIt} = δυστρεψία σταδίου ΙΙ, ρωγμές λόγω στρέψης και τέμνουσας
C = στρεπτική ροπή αδρανείας στην μη ρηγματωμένη κατάσταση
φ = συντελεστής ερπυσμού από τον Πίνακα 2.4 για φορτίσεις μακράς διαρκείας.

Η δυστρεψία δεν επιβάλλεται να λαμβάνεται υπόψη κατά την ανάλυση.

8.6. ΤΕΜΝΟΥΣΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

Η τέμνουσα σχεδιασμού V_{sd} για τον συνδυασμό δράσεων που περιλαμβάνει το σεισμό θα καθορίζεται με έναν από τους παρακάτω δύο τρόπους:

1) Από την στατική ισορροπία του στοιχείου όταν επ' αυτού δρουν συγχρόνως
   α) ροπές κάμψης με αντίθετα πρόσημα στις δύο ακραίες διατομές. Το μέγεθος αυτών των ροπών θα ισούται με τις ροπές αντοχής M_{Rd} των ακραίων διατομών για το υπόψη πρόσημο, θα υπολογίζεται δε βάσει του πραγματικού οπλισμού των διατομών, και
   β) τα εγκάρσια φορτία που καθορίζονται για το υπόψη στοιχείο από τον υπόψη συνδυασμό δράσεων (με σεισμό).
2) Από την ανάλυση της κατασκευής για τον συνδυασμό δράσεων που περιλαμβάνει και σεισμό, στον οποίο όμως τα σεισμικά φορτία θα υπεισέρχονται με τιμή διπλάσια αυτής που ορίζεται για τον συνήθη αντισεισμικό έλεγχο.

Σε κάθε ακραία διατομή πρέπει να υπολογίζονται η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή τέμνουσας δύναμης. Η αλγεβρική τιμή του λόγου της ελάχιστης προς την μέγιστη τέμνουσα συμβολίζεται με ζ. Η τιμή του ζ που υπεισέρχεται στον υπολογισμό του οπλισμού διάτμησης δεν πρέπει να λαμβάνεται μικρότερη από μείον ένα (παρ. 11.2.3.2.β).

8.7 ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΟΜΒΩΝ ΔΟΚΩΝ - ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Σε κάθε κόμβο δοκών-υποστυλωμάτων πρέπει το άθροισμα των απόλυτων τιμών των καμπτικών ροπών αντοχής (τιμές σχεδιασμού) των υποστυλωμάτων πάνω και κάτω απ' τον κόμβο, να είναι τουλάχιστον

ίσο με το άθροισμα των απολύτων τιμών των καμπτικών ροπών αντοχής (τιμές σχεδιασμού) των δοκών που συμβάλλουν στον κόμβο, πολλαπλασιασμένο επί 1.15. Οι ροπές αντοχής των υποστυλωμάτων υπολογίζονται για την δυσμενέστερη τιμή αξονικής δύναμης που προκύπτει από συνδυασμό με σεισμό, ο δε έλεγχος πραγματοποιείται προς κάθε διεύθυνση κατά την οποία δοκοί συμβάλλουν σε κόμβο.

Από την απαίτηση ικανοτικού σχεδιασμού εξαιρούνται:

1) Μονώροφα ή διώροφα κτίρια, καθώς και οι δύο τελευταίοι όροφοι πολυορόφων κτιρίων.
2) Το ένα τέταρτο των υποστυλωμάτων, σε πλαίσια με τουλάχιστον τέσσερα υποστυλώματα.
3) Υποστυλώματα σε αμετάθετα πλαίσια κατά το νόημα της παρ. 14.3.1.

8.8 ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

Εφόσον τα εντατικά μεγέθη για τον συνδυασμό δράσεων που περιλαμβάνει το σεισμό έχουν προκύψει από ισοδύναμη στατική ανάλυση της κατασκευής, οι μεν τέμνουσες σχεδιασμού είναι αυτές που έχουν προκύψει από την ανάλυση, το δε διάγραμμα των ροπών σχεδιασμού καθ' ύψος του τοιχώματος προκύπτει απ' την (ευθύγραμμη) περιβάλλουσα του διαγράμματος των ροπών (το οποίο προκύπτει απ' την ανάλυση), μετά από κατακόρυφη μετατόπισή της κατά μήκος l_w, ίσο με το μήκος του τοιχώματος (Σχ. Σ 8.5).

9. ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΣΚΟΙ

9.1. ΠΛΑΚΕΣ

9.1.1 Πεδίο Εφαρμογής

Το άρθρο αυτό ισχύει για συμπαγείς πλάκες υποβαλλόμενες σε κάμψη ενδεχομένως δε και σε ορθές αξονικές δυνάμεις που δρουν παράλληλα προς το μέσο επίπεδο της πλάκας και γενικά οφείλονται σε προένταση. Ισχύει επίσης για πλάκες με μη ομοιόμορφο πάχος (π.χ. πλάκες με νευρώσεις, πλάκες με σώματα πλήρωσης, πλάκες μεταβλητού πάχους κ.ά.) υπό την προϋπόθεση ότι η συμπεριφορά τους έναντι των φορτίσεων μπορεί με ικανοποιητική προσέγγιση να εξομοιωθεί με την συμπεριφορά ισοδύναμης πλάκας συμπαγούς διατομής.

9.1.2 Μέθοδοι ανάλυσης

Οι ροπές και οι τέμνουσες δυνάμεις μπορούν να καθορισθούν με μεθόδους που έχουν ως βάση:

α) την ελαστική ανάλυση, και
β) την πλαστική ανάλυση η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο για μετέλεγχο υφιστάμενης κατασκευής.

9.1.3 Ελαστική ανάλυση

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην θεωρία ελαστικότητας κατά την οποίαν υποτίθεται γραμμική σχέση μεταξύ τάσεων και παραμορφώσεων (νόμος Hooke):

9.1.3.1 Γραμμική ανάλυση

Η γραμμική ανάλυση μπορεί να γίνει με βάση τις ονομαστικές διατομές και με τιμή του λόγου του Poisson μεταξύ 0 και 0,2 (παρ. 2.5.3.).

Τα αποτελέσματα της γραμμικής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους ελέγχους και έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας και έναντι των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.

9.1.3.2 Γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή

Η γραμμική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή μπορεί να εφαρμοσθεί για τις ίδιες συνθήκες πλαστικότητας και ανακατανομής όπως και στους γραμμικούς φορείς.

Στις συνεχείς πλάκες, οι ροπές στήριξης που προκύπτουν από γραμμική ανάλυση μπορούν να μειωθούν ή να αυξηθούν μέχρι 25%, με την προϋπόθεση ότι θα διορθωθούν και οι αντίστοιχες ροπές των ανοιγμάτων, ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες ισορροπίας.

9.1.4 Πλαστική ανάλυση

Γενικώς η πλαστική ανάλυση (παρ. 9.1.2) εφαρμόζεται για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας έναντι εξωτερικών φορτίων (άμεσων δράσεων) και μπορεί να γίνει με βάση τις στατικές ή κινηματικές μεθόδους. Για να επιτρέπεται η εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

1) Ο εφελκυόμενος οπλισμός σε κάθε σημείο και προς κάθε κατεύθυνση δεν πρέπει να υπερβαίνει το μισό εκείνου που αντιστοιχεί σε διατομή για την οποία η οριακή κατάσταση αστοχίας σε κάμψη χαρακτηρίζεται από τις παρακάτω παραμορφώσεις (Σχήμα 10.1):

$$\varepsilon_s=\varepsilon_y \text{ και } \varepsilon_c=-0{,}0035 \qquad (9.1)$$

2α) Εάν εφαρμόζεται στατική μέθοδος, πρέπει η κατανομή ροπών που εκλέγεται να μη διαφέρει σημαντικά από μια ελαστική κατανομή ροπών· ο λόγος των χρησιμοποιουμένων ροπών στήριξης προς τις τιμές τους, οι οποίες θα προέκυπταν από μια ελαστική ανάλυση πρέπει να κείται μεταξύ
0,5 και 1,25 για χάλυβες θερμής έλασης
0,75 και 1,25 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας
0,85 και 1,15 για δομικά πλέγματα και τένοντες με συνάφεια

2β) Εάν εφαρμόζεται κινηματική μέθοδος, πρέπει ο λόγος των ροπών στήριξης προς τις ροπές ανοίγματος να κείται μεταξύ
0,5 και 2,0 για χάλυβες θερμής έλασης
0,75 και 1,33 για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας
0,85 και 1,15 για δομικά υλικά πλέγματα και τένοντες με συνάφεια

9.1.5 Γενικές διατάξεις για την ανάλυση πλακών που στηρίζονται σε δοκούς ή φέροντες τοίχους

Η ανάλυση πλακών που στηρίζονται συνεχώς κατά μήκος της περιμέτρου των σε δοκούς ή φέροντες τοίχους, μπορεί να βασισθεί στην παραδοχή ελεύθερα στρεπτών αλλά ανυποχώρητων στηριγμάτων. Πλάκες που στηρίζονται σε σιδηροδοκούς ή προκατασκευασμένες δοκούς από ωπλισμένο σκυρόδεμα θεωρούνται ως συνεχείς μόνον αν η επάνω επιφάνεια της πλάκας βρίσκεται τουλάχιστον 40mm πάνω από το επάνω πέλμα των δοκών και ο οπλισμός της πλάκας συνεχίζεται πάνω από τη δοκό στο επόμενο άνοιγμα (προς κάλυψη των ροπών στήριξης).

Στις στηρίξεις συνεχών πλακών η ροπή υπολογισμού αναφέρεται στον άξονα της στήριξης για έδραση σε φέροντα τοίχο ή στις παρειές της στήριξης για μονολιθική σύνδεση με το στήριγμα (παρ. 8.4).

9.1.6 Διανομή σημειακών, γραμμικών ή τμηματικώς κατανεμημένων φορτίων σε αμφιέρειστες πλάκες

Εφόσον δεν γίνεται ακριβέστερη ανάλυση, επιτρέπεται για φορτία σημειακά, γραμμικά ή ομοιομόρφως κατανεμημένα σε ορθογωνική επιφάνεια της πλάκας, να καθορίζεται υπολογιστικό πλάτος διανομής του φορτίου b_m, εγκαρσίως προς την διεύθυνση του κυρίου οπλισμού σύμφωνα με τον Πιν. 9.1. Το πλάτος t της εισαγωγής του φορτίου (στο μέσο επίπεδο της πλάκας) ισούται με την αντίστοιχη διάσταση της επιφάνειας εφαρμογής του φορτίου αυξημένη κατά το διπλάσιο του πάχους της επικάλυψης της πλάκας και κατά το πάχος της πλάκας.

Μετά την αναγωγή του σε ορθογωνική επιφάνεια $t_x \cdot t_y$ στο μέσο επίπεδο της πλάκας, το φορτίο μπορεί να θεωρηθεί ότι αναλαμβάνεται κατά την κύρια διεύθυνση οπλισμού από λωρίδα πλάτους b_m. Μέσα στην λωρίδα αυτή θεωρείται ότι δρα σταθερή ροπή κάμψης m ανά μέτρο πλάτους, καθώς και σταθερή τέμνουσα δύναμη v ανά μέτρο πλάτους.

Τα μεγέθη m και v υπολογίζονται από τους τύπους:

$$m = \frac{M}{b_m} \qquad (9.2)$$

$$v = \frac{V}{b_m} \qquad (9.3)$$

όπου

m = ροπή ανοίγματος, m_f, ή ροπή στήριξης, m_s (ανά μέτρο πλάτους),

v = τέμνουσα δύναμη στη στήριξη (ανά μέτρο πλάτους),

M = μέγιστη ροπή της πλάκας (ανάλογα με το στατικό σύστημα, από τον Πιν. 9.1), η οποία φορτίζεται από το συνολικό φορτίο ομοιομόρφως κατανεμημένο επί μήκους t_x,

V = τέμνουσα δύναμη της πλάκας στη στήριξη.

	1	2	3		
	Στατικό σύστημα Εντατικά μεγέθη	Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου bm	Ορια ισχύος		
1	m_f	$b_m = t_y + 2{,}5x(1-\frac{x}{l})$	$0<x<l$	$t_y \le 0{,}8l$	$t_x \le l$
2	v	$b_m = t_y + 0{,}5x$	$0<x<l$	$t_y \le 0{,}8l$	$t_x \le l$
3	m_f	$b_m = t_y + 1{,}5x(1-\frac{x}{l})$	$0<x<l$	$t_y \le 0{,}8l$	$t_x \le l$
4	m_s, v	$b_m = t_y + 0{,}5x(2-\frac{x}{l})$	$0<x<l$	$t_y \le 0{,}8l$	$t_x \le l$
5		$b_m = t_y + 0{,}3x$	$0{,}2l<x<l$	$t_y \le 0{,}4l$	$t_x \le 0{,}2l$
6		$b_m = t_y + 0{,}4(l-x)$	$0<x<0{,}8l$	$t_y \le 0{,}4l$	$t_x \le 0{,}2l$
7	m_f	$b_m = t_y + x(1-\frac{x}{l})$	$0<x<l$	$t_y \le 0{,}8l$	$t_x \le l$
8	m_s	$b_m = t_y + 0{,}5x(2-\frac{x}{l})$	$0<x<l$	$t_y \le 0{,}4l$	$t_x \le l$
9	v	$b_m = t_y + 0{,}3x$	$0{,}2l<x<l$	$t_y \le 0{,}4l$	$t_x \le 0{,}2l$
10	m_s	$b_m = t_y + 1{,}5x$	$0<x<l_k$	$t_y \le 0{,}8l_k$	$t_x < l_k$
11	v	$b_m = t_y + 0{,}3x$	$0{,}2l_k<x<l_k$	$t_y \le 0{,}4l_k$	$t_x \le 0{,}2l_k$

Πίνακας 9.1

Υπολογιστικό πλάτος διανομής φορτίου

Στον Πίνακα 9.1, x είναι η απόσταση του κέντρου βάρους του φορτίου από την στήριξη.

Ο πρόσθετος οπλισμός που προκύπτει από τα παραπάνω εντατικά μεγέθη τοποθετείται στην πλάκα σύμφωνα με την παρ. 18.1.5.1.

9.1.7 Ανάλυση πλακών χωρίς δοκούς (Μυχητοειδείς)

Η ανάλυση πλακών που στηρίζονται απευθείας και μονολιθικώς σε υποστυλώματα, με περίπου ορθογωνική διάταξη σε κάτοψη, μπορεί να γίνει με την μέθοδο των ισοδυνάμων πλαισίων.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως για κατακόρυφα φορτία.

Στην περίπτωση κατά την οποίαν η μέθοδος εφαρμόζεται και για οριζόντια φορτία, θα λαμβάνεται το πλάτος συνεργασίας δοκού l'_x από την σχέση

$$l'_x = b_o + 2h_s$$

όπου

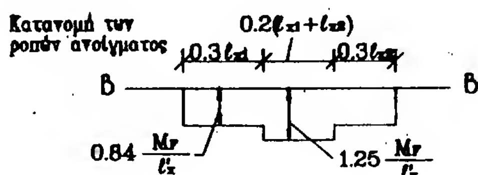
b_o = πλάτος υποστυλώματος στην εξεταζόμενη διεύθυνση και

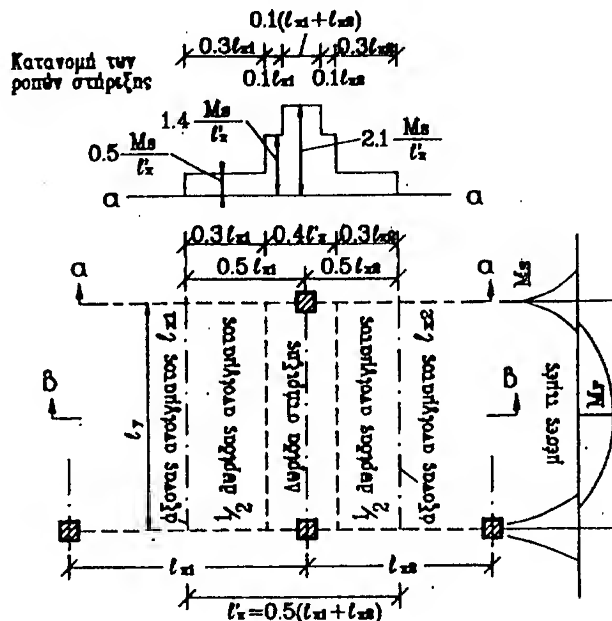
h_s = πάχος της πλάκας

Σε αυτήν την περίπτωση δεν χρειάζεται κατά την ανάλυση του φορέα περαιτέρω μείωση της δυσκαμψίας λόγω ρηγμάτωσης (βλ. παρ. 8.2.1).

9.1.7.1 Κατά πλάτος κατανομή των ροπών ανοίγματος και στήριξης της πλάκας

Για την κατανομή των εντατικών μεγεθών, κάθε φάτνωμα της πλάκας θα πρέπει να χωρίζεται (κατά τις δύο διευθύνσεις) σε μια εσωτερική λωρίδα πλάτους 0,6 l, την «λωρίδα ανοίγματος», και σε δύο εξωτερικές λωρίδες, «λωρίδες στήριξης», εκάστη πλάτους 0,2 l (Σχ. 9.1).





Σχήμα 9.1
Κατά πλάτος κατανομή των μέσων ροπών κατά y

9.2 ΔΙΣΚΟΙ

9.2.1 Μέθοδοι ανάλυσης

Οι δυνάμεις που ενεργούν στο μέσο επίπεδο ενός δίσκου μπορούν να προσδιορισθούν με βάση:

α) ελαστική ανάλυση

β) πλαστική ανάλυση

9.2.2 Ελαστική ανάλυση

Η ελαστική ανάλυση βασίζεται σε γραμμική σχέση τάσεων-παραμορφώσεων (νόμος Hooke). Ελαστική ανάλυση μπορεί να γίνει με βάση τις ονομαστικές διατομές και με τιμή του λόγου του Poison μεταξύ 0 και 0.2 (παρ. 2.5.3).

Τα αποτελέσματα ελαστικής ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ελέγχους και έναντι οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας και έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας.

9.2.3 Πλαστική ανάλυση

Η πλαστική ανάλυση μπορεί να βασιστεί σε στατικές μεθόδους.

Η πλαστική ανάλυση μπορεί καταρχήν να χρησιμοποιηθεί μόνο για έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας.

Παρ' όλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για έλεγχο οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας, εάν οι διαφορές μεταξύ της κατανομής της έντασης που προκύπτει από την πλαστική ανάλυση και της κατανομής της έντασης που προκύπτει από γραμμική ανάλυση είναι αποδεκτές για την υπόψη οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.

10. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΜΕΓΕΘΗ ΟΡΘΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

10.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με τους κανόνες αυτού του Κεφαλαίου προσδιορίζονται οι τιμές σχεδιασμού των μεγεθών αντοχής.

Ο προσδιορισμός μπορεί να γίνεται είτε αναλυτικώς, είτε με βάση διαγράμματα, είτε με βάση πίνακες.

10.2 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Οι κανόνες που ακολουθούν εφαρμόζονται ως έχουν μόνο για γραμμικούς φορείς, όπως καθορίστηκαν στην παρ. 7.2.1.1, και για πλάκες και κελύφη των οποίων ο οπλισμός παρουσιάζει αμελητέα απόκλιση απ' τις διευθύνσεις των ροπών σχεδιασμού.

10.3 ΔΙΑΤΟΜΕΣ

Για τα πέλματα των πλακοδοκών που υπόκεινται σε εφελκυσμό ισχύει η παρ. 8.4. Επίσης στις περιοχές των στηρίξεων των συνεχών πλακοδοκών μπορούν να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς της αντοχής μόνον οι εφελκυόμενοι οπλισμοί που περιλαμβάνονται σ' ένα πλάτος πλάκας όπως καθορίζεται από την παρ. 18.3.2.

10.4 ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΜΕ ΣΥΝΑΦΕΙΑ

10.4.1 Παραδοχές

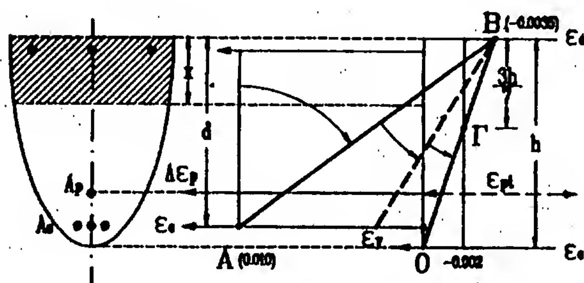
Ο υπολογισμός της αντοχής βασίζεται στις παρακάτω παραδοχές, οι οποίες συμπληρώνονται με τις παραδοχές των παρ. 10.4.2, 10.4.3 και 10.4.4:

α) η διατομή παραμένει επίπεδη και κάθετη στον παραμορφωμένο άξονα του στοιχείου,
β) ο οπλισμός υφίσταται τις ίδιες μεταβολές παραμορφώσεων με το περιβάλλον σκυρόδεμα,
γ) η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος αμελείται
δ) η μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση του σκυροδέματος λαμβάνεται ίση με:
  - 0,0035 σε κάμψη (καθαρή ή με αξονική δύναμη, ορθή ή λοξή)
  - 0,002 σε κεντρική θλίψη
ε) η μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση του οπλισμού λαμβάνεται ίση με 0,01 και η μέγιστη θλιπτική του παραμόρφωση ίση με - 0,0035.
στ) η ολική παραμόρφωση των προεντεταμένων τενόντων υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη την αρχική επιμήκυνση που αντιστοιχεί στην αντιπροσωπευτική τιμή της δύναμης προέντασης, η οποία έχει ληφθεί υπόψη στην μελέτη. Η πρόσθετη επιμήκυνση που επιτρέπεται πέραν της αρχικής επιμήκυνσης περιορίζεται σε 0,01.

10.4.2 Κατανομή των παραμορφώσεων

Οι παραδοχές α, δ και ε της παρ. 10.4.1 συμπληρώνονται όπως παρακάτω:

Για τον υπολογισμό της αντοχής θεωρείται ότι οι ακραίες παραμορφώσεις διέρχονται από ένα απ' τα τρία σημεία Α, Β ή Γ, τα οποία ορίζονται στο Σχήμα 10.1.

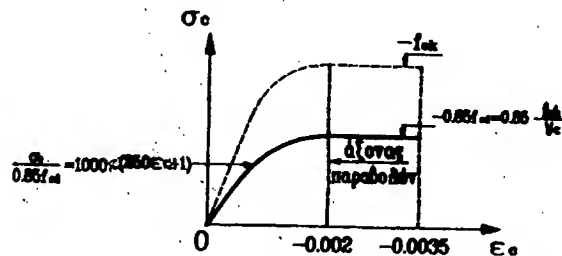


Σχήμα 10.1
Διάγραμμα παραμορφώσεων

10.4.3 Ιδεατά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος

10.4.3.1 Παραβολικό-ορθογωνικό διάγραμμα

Κατά τον υπολογισμό της αντοχής μιας διατομής, χρησιμοποιείται για το σκυρόδεμα το ιδεατό διάγραμμα του Σχήματος 10.2.



Σχήμα 10.2
Παραβολικοορθογωνικό διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος.

Επιτρέπεται και η χρήση κατάλληλων απλοποιημένων διαγραμμάτων τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος, ανάλογα με το μελετώμενο αντικείμενο.

10.4.3.2 Ορθογωνικό διάγραμμα

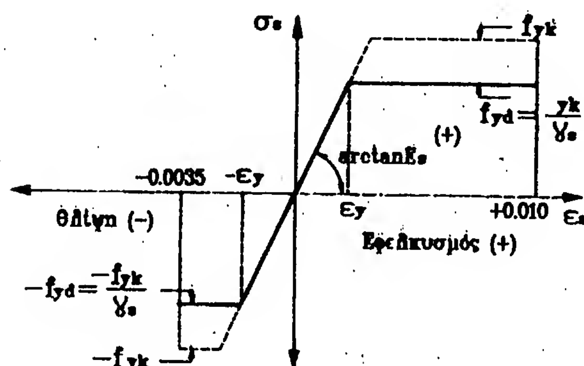
Εάν η διατομή δεν βρίσκεται ολόκληρη υπό θλίψη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια απλοποιημένη ορθογωνική κατανομή των θλιπτικών τάσεων. Η κατανομή αυτή ορίζεται ως εξής (x είναι το ύψος της θλιβόμενης ζώνης της διατομής):

1) σ' ένα μήκος 0,2x απ' την ουδέτερη γραμμή η τάση είναι μηδέν,
2) στο υπόλοιπο ύψος 0,8x η τάση είναι σταθερή και έχει τιμή:
  - 0,85 f_{cd} για θλιβόμενες ζώνες σταθερού πλάτους ή ζώνες των οποίων το πλάτος αυξάνει προς τις ίνες που θλίβονται περισσότερο.
  - 0,80 f_{cd} για θλιβόμενες ζώνες των οποίων το πλάτος μειώνεται προς τις ίνες που θλίβονται περισσότερο.

10.4.4 Διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων χάλυβα

Το διάγραμμα σχεδιασμού ενός συνήθους χάλυβα ή ενός χάλυβα προέντασης, προκύπτει απ' το χαρακτηριστικό τους διάγραμμα μέσω διαιρέσεως του ορίου αναλογίας και των τάσεων των μεγαλυτέρων του ορίου αναλογίας με τον συντελεστή ασφαλείας γ_s.

Το διάγραμμα σχεδιασμού για τους μαλακούς χάλυβες ή τους χάλυβες ψυχρής επεξεργασίας με διέλκυση και/ή εξέλαση δίνεται στο Σχήμα 10.3, όπως προέκυψε απ' το απλοποιημένο διάγραμμα (παρ. 3.16.1).



Σχήμα 10.3
Διάγραμμα σχεδιασμού τάσεων-παραμορφώσεων για τον χάλυβα

10.5 ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑ

Για την χρησιμοποίηση τενόντων χωρίς συνάφεια απαιτείται ειδική έγκριση της Ελεγκτικής Αρχής.

11. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΤΕΜΝΟΥΣΑ

Το Κεφάλαιο αυτό ισχύει για τους κορμούς των δοκών, για τις πλάκες και για τα στοιχεία υπό θλίψη, των οποίων οι διαμήκεις οπλισμοί έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με το Κεφάλαιο 10, και τα οποία υπόκεινται συγχρόνως σε σημαντικές τέμνουσες δυνάμεις.

Επίσης περιλαμβάνει ειδικούς κανόνες για τις συνδέσεις χορμούπελμάτων των πλακοδοχών.

Το Κεφάλαιο 11 δεν ισχύει για υψίκορμες δοκούς ή βραχείς προβόλους.

11.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΩΡΙΣ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

11.1.1 Γενικά

Ο σχεδιασμός χωρίς οπλισμό διάτμησης περιορίζεται μόνον σε στοιχεία που έχουν μικρή σημασία (π.χ. υπέρθυρα μικρότερα από 2m) ή σε στοιχεία με ικανότητα κατανομής του φορτίου σε διεύθυνση κάθετη τόσο προς τα φορτία όσο και προς το άνοιγμα, και τα οποία δεν εμφανίζονται σημαντικές ορθές εφελκυστικές δυνάμεις (π.χ. συνήθεις πλάκες).

Για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει, σύμφωνα με την εξίσωση (6.1), η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1} \qquad (11.1)$$

όπου η V_{Rd} υπολογίζεται σύμφωνα με την παρ. 11.1.2.

Ο παραπάνω έλεγχος δεν είναι γενικά απαραίτητος για διατομές που βρίσκονται μεταξύ της παρειάς μιας άμεσης στήριξης και μέχρι απόσταση d από αυτήν.

11.1.2 Αντοχή σε τέμνουσα

11.1.2.1 Στοιχεία χωρίς σημαντικές ορθές θλιπτικές δυνάμεις

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot k\,(1+50\rho_l)\,d\,b_w \qquad (11.2)$$

όπου:

b_w = είναι το πλάτος του στοιχείου,

τ_{Rd} = τιμή σχεδιασμού διατμητικής τάσης αντοχής έναντι ρηγμάτωσης, σύμφωνα με τον Πιν.11.1.

k = $1{,}6\text{-}d \not< 1{,}0$ (d σε μέτρα),

ρ_l = $\dfrac{A_{sl}}{b_w d}$ και

A_{sl} = διατομή διαμήκους εφελκυόμενου οπλισμού, ο οποίος επεκτείνεται πέραν της διατομής στην οποία υπολογίζεται η V_{Rd1} κατά $d+l_{b,net}$

d = στατικό ύψος. Στην περίπτωση προεντεταμένων στοιχείων d είναι η απόσταση του κέντρου βάρους των τενόντων από την πλέον θλιβόμενη ίνα της διατομής.

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
τ_{Rd}	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50

Πίνακας 11.1

Τιμές της τ_{Rd} σε MPa

11.1.2.2 Στοιχεία με σημαντικές ορθές θλιπτικές δυνάμεις

Για τα στοιχεία που καταπονούνται από ορθές θλιπτικές δυνάμεις (περιλαμβανομένης και της προένtασης) η τιμή του V_{Rd1} που λαμβάνεται από την εξίσωση (11.2) μπορεί να αυξηθεί, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή:

$$\beta_1 = 1 + \frac{M_o}{M_{Sdu}} \not> 2 \qquad (11.3)$$

όπου:

M_{Sdu} = μέγιστη ροπή σχεδιασμού στην υπόψη περιοχή,

M_o = ροπή η οποία προκαλεί μηδενισμό των θλιπτικών τάσεων στην ακραία ίνα που εφελκύεται λόγω M_{Sdu}. Η ροπή M_o μηδενίζει την τάση η οποία οφείλεται στην προένταση σχεδιασμού (N_{pd} + M_{pd}) και στις άλλες αξονικές δυνάμεις σχεδιασμού (χωρίς δηλ. να λαμβάνονται υπόψη οι άλλες ταυτόχρονα δρώσες ροπές).
Οι αξονικές αυτές δυνάμεις λαμβάνονται υπόψη με τους συντελεστές ασφαλείας που αντιστοιχούν σε ευμενή επιρροή (Πίνακες 6.1, 6.4).

11.1.2.3 Συγκεντρωμένα γραμμικά φορτία στην περιοχή των στηρίξεων

Εάν σε ένα στοιχείο ασκούνται συγκεντρωμένα γραμμικά φορτία σε απόσταση $a_v < 2d$ από τον άξονα της στήριξης, η τιμή του V_{Rd1} που λαμβάνεται από την εξίσωση (11.2) μπορεί να αυξηθεί, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή

$$\beta_2 = \frac{V_{Sd}}{V_{Sd,red}} \qquad (11.4)$$

όπου:

$V_{sd,red}$ = τέμνουσα δύναμη η οποία θα προέκυπτε εάν κάθε φορτίο που ενεργεί σε απόσταση $a_v < 2d$ από τον άξονα της πλησιέστερης στήριξης λαμβανόταν μειωμένο, πολλαπλασιαζόμενο με $a_v/2d$.

Για να ληφθεί ο συντελεστής β_2 υπόψη στους υπολογισμούς θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

α) το φορτίο και η αντίδραση στήριξης είναι τέτοια ώστε να προκαλούν διαγώνια θλίψη στο στοιχείο (άμεση στήριξη),

β) – σε ακραία στήριξη: ο απαιτούμενος εφελκυόμενος οπλισμός στην θέση του φορτίου επεκτείνεται μέχρι την στήριξη και αγκυρώνεται πέρα από την εσωτερική παρειά της (την παρειά που βρίσκεται προς την πλευρά εφαρμογής του συγκεντρωμένου φορτίου)
– σε ενδιάμεση στήριξη: ο απαιτούμενος εφελκυόμενος οπλισμός στην στήριξη επεκτείνεται και αγκυρώνεται πέρα από την περιοχή εφαρμογής του φορτίου,

β) στην εσωτερική παρειά της υπόψη στήριξης το μέγεθος (β_1 β_2 V_{Rd1}) δεν πρέπει να υπερβαίνει την οριακή τιμή του V_{Rd2} που δίνεται από την εξίσωση (11.8) για τα στοιχεία με οπλισμό κορμού.

11.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

11.2.1 Γενικά

Πρέπει να προβλέπεται ένας ελάχιστος οπλισμός για την ανάληψη τεμνουσών (παρ. 18.1.6, 18.3.4). Η κλίση του οπλισμού διάτμησης ως προς τον άξονα του στοιχείου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 45°, με εξαίρεση τον οπλισμό διάτμησης πλακών.

Οι χαρακτηριστικές αντοχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό του οπλισμού έναντι τεμνουσών δεν μπορούν να ληφθούν μεγαλύτερες από:

f_{ywk} = 500MPa για χάλυβες υψηλής συνάφειας,

f_{ywk} = 360MPa για λείες ράβδους.

Για λοξές ράβδους οι τάσεις περιορίζονται σε $0{,}7.\ f_{yk}/\gamma_s$.

Λοξές ράβδοι όμως θα χρησιμοποιούνται μόνον εφόσον υπάρχουν συγχρόνως και συνδετήρες τοποθετημένοι κατά γωνία 90° ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου.

Σε αυτή την περίπτωση ο υπολογισμός θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι το ποσοστό της τέμνουσας που αναλαμβάνεται από τους συνδετήρες είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό που αναλαμβάνεται από τις λοξές ράβδους.

Για τον υπολογισμό της αντοχής σε τέμνουσα, η οριακή κατάσταση αστοχίας μπορεί απλοποιητικά να θεωρηθεί ότι χαρακτηρίζεται:

- είτε από διαγώνια θλίψη του σκυροδέματος, η οποία προκαλεί θραύση του κορμού,
- είτε από εφελκυσμό του οπλισμού διάτμησης, ο οποίος φθάνει την αντοχή σχεδιασμού του.

11.2.2 Διαδικασία ελέγχου

α) Έλεγχος περιορισμού θλίψης σκυροδέματος κορμού:

Οι διαστάσεις του κορμού πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd2} \quad (11.5)$$

Ο έλεγχος αυτής της σχέσης δεν είναι αναγκαίος στον άξονα της στήριξης. Η παρειά όμως πρέπει απαραιτήτως να ελέγχεται.

β) Έλεγχος οπλισμού έναντι τεμνουσών:

Ο οπλισμός έναντι τεμνουσών θα υπολογίζεται από την συνθήκη:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd3} \quad (11.6)$$

όπου:

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} \quad (11.7)$$

Για διατομές οι οποίες βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από το στατικό ύψος d από την παρειά μιας άμεσης στήριξης, ο έλεγχος (11.6) δεν είναι απαραίτητος, αλλά ο οπλισμός έναντι τεμνουσών που υπολογίζεται για τη διατομή σε απόσταση d πρέπει να συνεχίζεται μέχρι τη στήριξη.

11.2.3 Υπολογισμός αντοχών

11.2.3.1 Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω θλίψης κορμού

Για γραμμικά στοιχεία

$$V_{Rd2} = 0{,}25 f_{cd} b_w d \quad (11.8)$$

Εάν ο κορμός περιέχει ράβδους ή τένοντες διαμέτρου $\Phi > b_w/8$, η αντοχή πρέπει να υπολογίζεται με βάση ένα ονομαστικό πλάτος κορμού:

$$b_{w,non} = b_w - \frac{1}{2}\Sigma\Phi \quad (11.9)$$

όπου:

$\Sigma\Phi$ = άθροισμα διαμέτρων ράβδων διαμήκους οπλισμού στην δυσμενέστερη στάθμη.

Για τον έλεγχο της αντοχής τοιχωμάτων (για τον συνδυασμό δράσεων που περιλαμβάνει και το σεισμό)

$$V_{Rd2} = 10\tau_{Rd} \cdot b l_w \quad (11.10)$$

όπου b και l_w είναι το πάχος και το μήκος της διατομής του τοιχώματος αντιστοίχως. Το τ_{Rd} δίνεται στον Πίνακα 11.1.

11.2.3.2 Τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης

11.2.3.2α Συνδυασμοί δράσεων που δεν περιλαμβάνουν σεισμό.

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{S}\, 0{,}9\, d f_{ywd}\, (1 + \cot a) \sin a \quad (11.11)$$

$$V_{cd} = \beta(2.5\, \tau_{Rd} \cdot b_w d) \quad (11.12)$$

όπου:

A_{sw} = διατομή οπλισμού διάτμησης,

S = οριζόντια απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης,

α = γωνία κλίσης οπλισμών διάτμησης,

- Για στοιχεία χωρίς αξονικές δυνάμεις $\beta=1$
- Για στοιχεία υπό αξονική θλίψη (περιλαμβανομένης της προέντασης): $\beta = \beta_1$, σύμφωνα με την εξίσωση (11.3).
- Για στοιχεία υπό αξονικόν εφελκυσμό:

για $x/x_o < 1/3$ $\beta=0$

για $x/x_o \geq 1/3$ $\beta=0$

όπου:

x = ύψος θλιβόμενης περιοχής για τον υπόψη αξονικό εφελκυσμό,

= ύψος θλιβόμενης περιοχής στην περίπτωση καθαρής κάμψης.

11.2.3.2β Συνδυασμοί δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό

1. Για $N_d > -0{,}1\, A_c F_{cd}$ (στοιχεία κυρίως καμπτόμενα)

- Ο όρος V_{cd} είναι μηδέν στις εξής περιοχές:
  α) για γραμμικά στοιχεία, στις κρίσιμες περιοχές που ορίζονται στις παρ. 18.3.3, 18.4.5,
  β) για τοιχώματα, στην κρίσιμη περιοχή που ορίζεται στην παρ. 18.5.2.

Εκτός των παραπάνω περιοχών, η τιμή του V_{cd} υπολογίζεται για γραμμικά στοιχεία σύμφωνα με την εξίσωση (11.12) και για τοιχώματα από την εξίσωση (11.13):

$$V_{cd} = 2\tau_{Rd} b l_w \quad (11.13)$$

- Για τον όρο V_{wd} ισχύουν τα ακόλουθα:

Στην περίπτωση γραμμικών στοιχείων, η συμβολή του οπλισμού κορμού στην αντοχή σε τέμνουσα εξαρτάται από την τιμή του λόγου ζ (βλέπε παρ.8.6):

α) $\zeta \geq 0$

Η τιμή του V_{wd} υπολογίζεται από την εξ.(11.11)

β) $\zeta < 0$

$$A_v\; V_{Sd} \leq 3(2+\zeta)\tau_{Rd} b_w d \quad (11.14)$$

η τιμή του V_{wd} υπολογίζεται από την εξ. (11.11).

$$A_v\; V_{Sd} > 6(2+\zeta)\tau_{Rd} b_w d \quad (11.15)$$

η ολική τέμνουσα πρέπει να αναληφθεί από δισδιαγώνιο οπλισμό κατά μήκος του κορμού. Δηλαδή, από ράβδους κεκλιμένες κατά δύο διευθύνσεις. οι οποίες εξισορροπούν με τις θλιπτικές και εφελκυστικές συνιστώσες τους τις τέμνουσες με αντίθετο πρόσημο V_{Sd} και ζV_{Sd} που ενεργούν στην διατομή.

Αν η V_{Sd} είναι μεταξύ των τιμών των (11.14) και (11.15), η μισή τέμνουσα πρέπει να παραλαμβάνεται με συνδετήρες και η άλλη μισή με δισδιαγώνιες ράβδους.

II. Για $N_d < -0{,}1 A_c f_{cd}$

(στοιχεία υπό κάμψη με θλιπτική δύναμη).

- Μέσα στην κρίσιμη περιοχή ο όρος V_{cd} ισούται για τα γραμμικά στοιχεία με

$$V_{cd} = \beta_1 2{,}5\tau_{Rd} b_w d \quad (11.16)$$

για δε τα τοιχώματα με

$$V_{cd} = \beta_1 2{,}5\tau_{Rd} b_{lw} \qquad (11.17)$$

Εκτός της κρίσιμης περιοχής,

$$V_{cd} = \beta_1 2{,}5\tau_{Rd} b_{lw} \qquad (11.18)$$

Το β_1 λαμβάνεται από την εξ.(11.3).
– Ο όρος V_{wd} δίνεται από την εξίσωση (11.11)

11.2.4 Μήκος μετατόπισης διαγράμματος ροπών κάμψης

Η τιμή του μήκους μετατόπισης a_l του διαγράμματος των ροπών, η οποία πρέπει να ληφθεί υπόψη για την διάταξη των διαμήκων ράβδων του εφελκυόμενου πέλματος (κανόνας μετατόπισης διαγράμματος ροπών), είναι:

$$a_l = \frac{V_{Sd} S}{2A_{sw}\, f_{ywd}\, \sin a} - d \cot a \qquad (11.19)$$

11.3 ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΕΛΜΑΤΩΝ - ΚΟΡΜΟΥ

11.3.1 Γενικά

Οι συνδέσεις πελμάτων-κορμού πρέπει να ελέγχονται έναντι διαμήκους τέμνουσας δύναμης.

Πρέπει να προβλέπεται ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με την παρ. 18.3.6.

Η οριακή κατάσταση αστοχίας διέπεται είτε από την επιρροή της κεκλιμένης θλιπτικής δύναμης του πέλματος (η οποία ασκείται παράλληλα προς το μέσο επίπεδό του), είτε από την επιρροή του εφελκυόμενου εγκάρσιου οπλισμού όταν αυτός φθάσει την αντοχή σχεδιασμού του.

Η δρώσα διαμήκης τέμνουσα δύναμη ανά μονάδα μήκους είναι:

$$v_{sd} = \frac{F_{d,max}}{a_v} \qquad (11.20)$$

όπου:

$F_{d,max}$ = μέγιστη τιμή διαμήκους δύναμης (εφελκυστικής ή θλιπτικής) η οποία ενεργεί στο τμήμα του πέλματος προς την μια πλευρά του κορμού,

a_v = απόσταση ανάμεσα στα σημεία μηδενικής και μέγιστης ροπής κάμψης.

Η v_{sd} δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που δίνονται από τις εξισώσεις (11.21) και (11.22).

11.3.2 Αντοχή λόγω λοξής θλίψης

$$V_{Rd2} = 0{,}2 f_{cd} h_f \qquad (11.21)$$

11.3.3 Αντοχή λόγω εγκάρσιου οπλισμού

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sf}}{S_f} f_{yd} + 2{,}5\tau_{Rd} h_f \qquad (11.22)$$

όπου το τ_{Rd} δίνεται στον Πίνακα 11.1.

Εάν οι διαμήκεις οπλισμοί (ράβδοι ή τένοντες) αγκυρώνονται σε μια προέκταση ενός εφελκυόμενου πέλματος, τότε πρέπει να διατάσσονται πρόσθετοι εγκάρσιοι οπλισμοί.

11.3.4 Πέλματα υπό εγκάρσια κάμψη

Οι διατομές των οπλισμών κάμψης οι οποίοι διέρχονται από την διεπιφάνεια μεταξύ κορμού και πέλματος μπορούν να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό του A_{sf}. Εάν οι οπλισμοί αυτοί δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της εξίσωσης (11.22) πρέπει να διαταχθούν πρόσθετοι οπλισμοί.

12. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΣΤΡΕΨΗ

Το Κεφάλαιο αυτό ισχύει για γραμμικά στοιχεία υπό καθαρή στρέψη και στρέψη σε συνδυασμό με κάμψη ή με αξονική δύναμη ή με τέμνουσα δύναμη.

12.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Η στρέψη μπορεί να διακριθεί σε:

– *Έμμεση στρέψη:*

Οι στρεπτικές ροπές οφείλονται αποκλειστικά σε παρεμπόδιση της γωνιακής παραμόρφωσης της εισαγόμενης από παρακείμενα στοιχεία (στρέψη συμβιβαστού).

– *Άμεση στρέψη:*

Οι στρεπτικές ροπές είναι απαραίτητες για την ικανοποίηση των συνθηκών ισορροπίας (στρέψη ισορροπίας).

Επίσης ως προς τον τρόπο με τον οποίον αναλαμβάνονται οι δρώσες στρεπτικές ροπές από την διατομή, η στρέψη μπορεί να χαρακτηρισθεί ως

– *Στρέψη Saint-Venant:*

Η ισορροπία εξασφαλίζεται με μια κλειστή ροή στρεπτικών διατμητικών τάσεων.

– *Στρέψη με στρέβλωση:*

Λόγω παρεμπόδισης της διαμήκους παραμόρφωσης, ο φορέας ανθίσταται στις επιβαλλόμενες στρεπτικές ροπές με την ανάπτυξη αξονικών ορθών και πρόσθετων διατμητικών τάσεων.

12.2 ΕΜΜΕΣΗ ΣΤΡΕΨΗ

Στην περίπτωση αυτή οι στρεπτικές ροπές δεν είναι απαραίτητες για την ισορροπία, και μπορούν να αγνοηθούν στους υπολογισμούς οριακών καταστάσεων αστοχίας.

Ως εκ τούτου, όλοι οι παρακάτω έλεγχοι αναφέρονται κυρίως στην περίπτωση της άμεσης στρέψης.

12.3 ΣΤΡΕΨΗ SAINT-VENANT

12.3.1 Γενικά

Ο οπλισμός στρέψης αποτελείται από διαμήκεις ράβδους και κλειστούς συνδετήρες κάθετους προς τον άξονα της δοκού.

Πρέπει να προβλέπεται ένας ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με την παρ. 18.3.7. Για τους υπολογισμούς θεωρείται μια ισοδύναμη κοίλη διατομή (πραγματική η ιδεατή) με λεπτά τοιχώματα. Η διατομή αυτή ορίζεται:

- από την μέση πολυγωνική περίμετρο μήκους U_{ef}, κορυφές της οποίας είναι τα κέντρα των διαμήκων ράβδων οπλισμού. Η πολυγωνική αυτή (που περικλείει επιφάνεια A_{ef}) ορίζει τους άξονες των λεπτών τοιχωμάτων,
- από το πάχος h_{ef} των τοιχωμάτων, που δίνεται από τη σχέση:

$$h_{ef} = d_{ef}/6 \qquad (12.1)$$

όπου:

d_{ef} = διάμετρος του μέγιστου κύκλου ο οποίος μπορεί να εγγραφεί στην πολυγωνική· σε περίπτωση κοίλης διατομής, το h_{ef} δεν μπορεί να υπερβεί το πραγματικό πάχος των τοιχωμάτων.

Η οριακή κατάσταση αστοχίας διέπεται είτε από την επιρροή της κεκλιμένης θλίψης των τοιχωμάτων της ισοδύναμης διατομής (θραύση των τοιχωμάτων), είτε από τον εφελκυσμό των οπλισμών στρέψης.

Οι δρώσες ροπές στρέψης σχεδιασμού T_{Sd} πρέπει να πληρούν ταυτοχρόνως τις παρακάτω συνθήκες:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd1} \quad (12.2)$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd2} \quad (12.3)$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd3} \quad (12.4)$$

Οι υπολογισμοί των αντοχών T_{Rd1}, T_{Rd2} και T_{Rd3} στηρίζονται στο πρότυπο ενός ιδεατού χωροδικτυώματος.

12.3.2 Ροπή σχεδιασμού αντοχής σε στρέψη λόγω θλίψης των τοιχωμάτων

$$T_{Rd1} = 0{,}50 f_{cd} A_{ef} h_{ef} \sin 2\theta \quad (12.5)$$

όπου:

θ = γωνία κλίσης της θλιπτικής δύναμης σύμφωνα με την παρ. 12.3.3.2.

12.3.3 Ροπή αντοχής σχεδιασμού σε στρέψη λόγω οπλισμού στρέψης

12.3.3.1 Γενικά

Οι οριακές τιμές χαρακτηριστικών αντοχών για τον χάλυβα, οι οποίες δίνονται στην παρ. 11.2.1, ισχύουν επίσης και για τους οπλισμούς στρέψης.

12.3.3.2 Κλειστοί συνδετήρες

$$T_{Rd2} = T_{ef,d} + T_{cd} \quad (12.6)$$

$$T_{ef,d} = \frac{A_s}{s} 2A_{ef} f_{ywd} \cot\theta \quad (12.7)$$

όπου:

A_s = διατομή ενός συνδετήρα που περιέχεται στο (πραγματικό ή ιδεατό) τοίχωμα (ανά απόσταση s),

θ = κλίση των θλιβόμενων διαγωνίων σχυροδέματος ως προς τον άξονα του στοιχείου. Πρέπει να εκλεγεί έτσι ώστε $3/5 \leq \cot\theta \leq 5/3$

$$T_{cd} = 5\tau_{Rd} A_{ef} h_{ef} \text{ εάν } T_{Sd} \leq \tau_{Rd} A_{ef} h_{ef} \quad (12.8α)$$

$$T_{cd} = 0 \text{ εάν } T_{Sd} > 15\tau_{Rd} A_{ef} h_{ef} \quad (12.8β)$$

όπου το τ_{Rd} δίνεται από τον Πίνακα 11.1.

Για ενδιάμεσες τιμές του T_{Sd} το T_{cd} προσδιορίζεται με γραμμική παρεμβολή.

$$T_{Rd3} = \frac{A_l}{U_{ef}} 2A_{ef} f_{yld} \tan\theta \quad (12.9)$$

όπου:

A_l = άθροισμα διατομών των διαμήκων ράβδων και θ, όπως και στην παρ. 12.3.3.2.

12.3.4 Σύνθετες καταπονήσεις

12.3.4.1 Στρέψη με κάμψη και/ή αξονικές δυνάμεις

Ο διαμήκης οπλισμός θα προσδιορισθεί χωριστά για στρέψη, σύμφωνα με την παρ. 12.3.3.3 και χωριστά για κάμψη και/ή αξονική δύναμη, σύμφωνα με το Κεφάλαιο 10.

- Στην λόγω κάμψης εφελκυόμενη ζώνη, οι οπλισμοί στρέψης προστίθενται στους οπλισμούς έναντι κάμψης και/ή αξονικής δύναμης.
- Στην λόγω κάμψης θλιβόμενη ζώνη, οι οπλισμοί μπορούν να ελαττωθούν. Η μείωση αυτή εξαρτάται από το μέγεθος των θλιπτικών τάσεων λόγω κάμψης.

12.3.4.2 Στρέψη και τέμνουσα

Οι τιμές σχεδιασμού της δρώσας ροπής στρέψης, T_{Sd}, και της τέμνουσας V_{Sd}, πρέπει να ικανοποιούν τη σχέση:

$$\frac{T_{sd}}{T_{Rd1}} + \frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}} \leq 1 \quad (12.10)$$

όπου οι T_{Rd1} και V_{Rd2} υπολογίζονται από τις εξισώσεις (12.5) και (11.8).

Οι υπολογισμοί των συνδετήρων μπορούν να γίνουν

- χωριστά έναντι στρέψης, σύμφωνα με την παρ. 12.3.3.2 (με T_{cd} = 0), και
- χωριστά έναντι τέμνουσας, σύμφωνα με την παρ. Π 11.1 (με V_{cd} = 0).

Οι αντίστοιχες διατομές συνδετήρων προστίθενται.

12.4 ΣΤΡΕΨΗ ΜΕ ΕΜΠΟΔΙΖΟΜΕΝΗ ΣΤΡΕΒΛΩΣΗ

Σε ανοιχτές ή κλειστές λεπτότοιχες διατομές πυρήνων, λόγω παρεμπόδισης της στρέβλωσης αναπτύσσονται πρόσθετες ορθές τάσεις των οποίων η συνισταμένη ισούται με τη διρροπή B. Η συνολική ροπή στρέψης T αναλύεται σε δύο συνιστώσες. Στην ροπή Saint Venant T_1 και την ροπή στρέβλωσης T_2, η οποία οφείλεται στην μεταβολή της διρροπής κατά μήκος του άξονα της ράβδου. Ισχύει:

$$T = T_1 + T_2$$

Μετά τον υπολογισμό των ορθών και διατμητικών τάσεων στις κορυφές της διατομής σύμφωνα με την ελαστική θεωρία, λαμβάνοντας υπόψη ακαμψίες σταδίου II, η διαστασιολόγηση γίνεται ανεξάρτητα για κάθε πλευρά της διατομής ως εξής:

Η διαστασιολόγηση κάθε πλευράς έναντι ορθών τάσεων γίνεται για την συνισταμένη αξονική δύναμη και ροπή κάμψης που υπολογίζονται από τις ορθές τάσεις των ακραίων ινών, σύμφωνα με το Κεφάλαιο 10.

Η διαστασιολόγηση έναντι τέμνουσας γίνεται με την συνισταμένη των διατμητικών τάσεων που οφείλονται στην συνολική τέμνουσα της διατομής και στην ροπή από στρέβλωση T_2 σύμφωνα με το Κεφάλαιο 11.

Η διαστασιολόγηση σε στρέψη γίνεται για την συνισταμένη ροπή των διατμητικών τάσεων που οφείλονται στην ροπή Saint Venant, σύμφωνα με το Κεφάλαιο 12.

13. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΔΙΑΤΡΗΣΗ

Το Κεφάλαιο αυτό αφορά κυρίως την διάτρηση πλακών σταθερού πάχους ωπλισμένων έναντι κάμψης σύμφωνα με τα Κεφάλαια 9 και 10. Αφορά επίσης την διάτρηση πεδίλων.

Η ίδια μεθοδολογία ελέγχου σε διάτρηση μπορεί να εφαρμοσθεί και σε πλάκες με ενισχύσεις, καθώς και σε πέδιλα (με κεκλιμένες παρειές), τηρουμένων τω οδηγιών των παρ. 13.1 και 13.2.

Οι κανόνες που δίνονται στο Κεφάλαιο αυτό συμπληρώνουν τους κανόνες του Κεφαλαίου 11.

13.1. ΓΕΝΙΚΑ

13.1.1 Αρχές

Η διάτρηση μπορεί να προέλθει από φορτίο ή αντίδραση συγκεντρωμένη σε μικρή επιφάνεια των πλακών, η οποία ονομάζεται «φορτιζόμενη επιφάνεια».

Εφόσον για την φορτιζόμενη επιφάνεια ισχύουν:

- για κυκλική διατομή, δεν υπερβαίνει η διάμετρος το 3,5d.
- για ορθογωνική διατομή, η περίμετρός της δεν υπερβαίνει το 11d και ο λόγος μήκους προς πλάτος το 2.

(d=ωφέλιμο ύψος πλάκας)

δεν απαιτείται έλεγχος σε διάτρηση.

Η οριακή κατάσταση χαρακτηρίζεται από τον σχηματισμό ενός κόλουρου κώνου ή μιας κόλουρης πυραμίδας των οποίων η μικρή βάση

συμπίπτει με τη φορτιζόμενη επιφάνεια, οι δε γενέτειρες είναι κεκλιμένες ως προς το επίπεδο της πλάκας συνήθως από γωνία μεταξύ 30° και 35°. Για θεμελιώσεις αυτή η γωνία είναι περίπου 45°.

Ο έλεγχος σε διάτρηση γίνεται στην «κρίσιμη διατομή» (που ορίζεται στην παρ. 13.2.). Στην διατομή αυτή, οι δρώσες και οι ανθιστάμενες διατμητικές δυνάμεις ανά μονάδα μήκους πρέπει να ικανοποιούν την συνθήκη:

$$v_{Sd} \leq v_{Rd} \qquad (13.1)$$

Οι τιμές των v_{Sd} και v_{Rd} προσδιορίζονται σύμφωνα με τις παρ. 13.3 και 13.4.

Όταν το πάχος της πλάκας ή της πλάκας θεμελίωσης δεν είναι αρκετό ώστε να εξασφαλισθεί η απαραίτητη αντοχή έναντι διάτρησης, μόνο απ' το σκυρόδεμα και απ' τον οπλισμό κάμψης, πρέπει να τοποθετείται οπλισμός διάτρησης σύμφωνα με την παρ. 13.4.

13.1.2. Υποστυλώματα με ενίσχυση ή διαπλάτυνση της κεφαλής

Εάν τα l' και h' αντιστοιχούν στην οριζόντια και την κατακόρυφη διάσταση της προεξοχής της διαπλάτυνσης πέραν της περιμέτρου του υποστυλώματος, τότε:

- Όταν $l' \leq 1{,}5(d+h')$, φορτιζόμενη επιφάνεια θεωρείται:

α) η επιφάνεια της διαπλάτυνσης της κεφαλής του υποστυλώματος, εάν $l' \leq h'$,

β) η επιφάνεια της διαπλάτυνσης της κεφαλής υποστυλώματος που προκύπτει θέτοντας $l' = h'$, εάν $l' > h'$.

- Όταν $l' > 1{,}5\,(d+h')$ πρέπει να θεωρούνται δύο φορτιζόμενες επιφάνειες (και δύο κρίσιμες διατομές) στον έλεγχο διάτρησης, οι ακόλουθες:

α) η διατομή του υποστυλώματος

β) η επιφάνεια της διαπλάτυνσης της κεφαλής.

13.1.3. Πλάκες με νευρώσεις κατά τις δυό διευθύνσεις

Η βασική μέθοδος που χρησιμοποιείται για συμπαγείς πλάκες, μπορεί να εφαρμοσθεί και στις πλάκες με σταυροειδείς νευρώσεις (υπό την έννοια της παρ. 9.1.1), υπό την προϋπόθεση ότι θα είναι πλήρεις σ' όλο το ύψος τους (massif) σε περιοχή που εκτείνεται τουλάχιστον κατά 2,5d γύρω από ένα υποστύλωμα.

Ο έλεγχος διάτρησης θα γίνεται στην κρίσιμη διατομή (παρ. 13.2), ενώ απαιτείται και ένας έλεγχος σε τέμνουσα στο πέρας της πλήρους (συμπαγούς) ζώνης της πλάκας.

13.2 ΚΡΙΣΙΜΗ ΔΙΑΤΟΜΗ

Η κρίσιμη διατομή είναι μια επιφάνεια η οποία ορίζεται ως εξής:
- είναι κάθετη στο μέσος επίπεδο της πλάκας,
- έχει ύψος ίσο με το στατικό ύψος d της πλάκας,
- η περίμετρός της περιβάλλει την φορτιζόμενη επιφάνεια, μερικώς ή ολικώς. Η απόσταση μεταξύ κρίσιμης διατομής και φορτιζόμενης επιφάνειας δεν είναι ποτέ μικρότερη από d/2.

Ειδικότερα, αυτή η περίμετρος καθορίζεται παρακάτω για διάφορες περιπτώσεις.

13.2.1 Φορτιζόμενη επιφάνεια μακριά από οπή ή ελεύθερο άκρο της πλάκας

Σε αυτή την περίπτωση, η περίμετρος της κρίσιμης διατομής είναι μια κλειστή γραμμή που περιβάλλει την φορτιζόμενη επιφάνεια κατά τα προαναφερθέντα.

13.2.2 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε οπή της πλάκας

Εάν η μικρότερη απόσταση μεταξύ της παρειάς της οπής και της περιμέτρου της φορτιζόμενης επιφάνειας δεν υπερβαίνει τα 5d ή εάν η οπή βρίσκεται μέσα στην ζώνη στήριξης (προκειμένου περί πλακών χωρίς δοκούς) τότε: δεν λαμβάνεται υπόψη το τμήμα της κρίσιμης διατομής, το οποίο περιλαμβάνεται μεταξύ των δύο εφαπτόμενων που φέρονται από το κέντρο βάρους της φορτιζόμενης επιφάνειας προς την περίμετρο της οπής.

Σημειώνεται όμως ότι εάν η μείωση αυτή της κρίσιμης περιμέτρου είναι σημαντική και εκτρέπει αισθητά το κέντρο βάρους της, τότε η φόρτιση θα πρέπει να αντιμετωπισθεί ως έκκεντρη, σύμφωνα με την παρ. 13.3.

13.2.3 Φορτιζόμενη επιφάνεια κοντά σε ελεύθερο άκρο της πλάκας

α) Τα τμήματα της κρίσιμης διατομής (όπως ορίστηκε στην παρ. 13.2.1) τα οποία βρίσκονται κοντά σε ελεύθερο άκρο πλάκας, πρέπει να αντικατασταθούν από τμήματα κάθετα προς τα άκρα, εφόσον το συνολικό μήκος της περιμέτρου που προκύπτει κατ' αυτό τον τρόπο (μη λαμβανομένου υπόψη του μήκους του ελεύθερου άκρου) είναι μικρότερο από το μήκος της περιμέτρου της κρίσιμης διατομής, όπως ορίζεται στην παρ. 13.2.1.

β) Εάν η ελάχιστη απόσταση μεταξύ της περιμέτρου της φορτιζόμενης επιφάνειας και του ελεύθερου άκρου δεν υπερβαίνει τα 5d, θεωρείται ως περίμετρος της κρίσιμης διατομής η δυσμενέστερη (μικρότερη) από τις παρακάτω δύο περιμέτρους
- περίμετρος σύμφωνα με την παρ. α)
- περίμετρος σύμφωνα με την παρ. 13.2.1, από την οποία αφαιρείται το τμήμα που περιλαμβάνεται μεταξύ δύο εφαπτομένων της κρίσιμης διατομής κεκλιμένων κατά γωνία 45° ως προς το ελεύθερο άκρο. (Σε απόσταση 5d).

γ) Κοντά σε γωνία δύο ελεύθερων άκρων, η περίμετρος της κρίσιμης διατομής ορίζεται με βάση τις αρχές της παραπάνω παρ. β).

13.3 ΔΡΩΣΑ ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

α) Σε περίπτωση κεντρικού φορτίου ή αντίδραση:

$$v_{Sd} = V_{Sd}/u \qquad (13.6)$$

όπου:

v_{Sd} = τέμνουσα δύναμη που δρα κατά μήκος της περιμέτρου u για πλάκες, ή κατά μήκος της βάσης του κώνου διάτρησης για πέδιλα, και

u = η περίμετρος της κρίσιμης διατομής σύμφωνα με την παρ. 13.2.

β) Σε περίπτωση έκκεντρου φορτίου:

το v_{sd} καθορίζεται με βάση την υπόθεση της επίπεδης κατανομής των διατμητικών τάσεων. Η παραδοχή αυτή οδηγεί στη σχέση:

$$v_{Sd,max} = \frac{V_{Sd}}{u} + n\,\frac{V_{Sd}\,e}{W}\,d \qquad (13.3)$$

όπου:

e = εκκεντρότητα του φορτίου ή της αντίδρασης ως προς το κέντρο βάρους της κρίσιμης διατομής,

W = ροπή αντίστασης της κρίσιμης διατομής ως προς κεντροβαρικό της άξονα κάθετο στην διεύθυνση της εκκεντρότητας, e.

n = αριθμητικός συντελεστής, μικρότερος της μονάδας, ίσος με

$$n = \frac{1}{1 + \sqrt{b_2/b_1}} \qquad (13.4)$$

Στην εξίσωση (13.4) b_1 και b_2 είναι οι πλευρές του ορθογωνίου που περιγράφεται στην κρίσιμη διατομή, με το b_1 παράλληλο προς τη διεύθυνση της e.

Η εξίσωση (13.3) ισχύει μόνο εάν $b_2 > 0{,}7b_1$.

Ως δρώσα $v_{Sd,max}$ στους υπολογισμούς μπορεί να ληφθεί η μέση τιμή της v_{Sd} στο δεσμενέστερο μήκος 2d της περιμέτρου u.

13.4 ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

13.4.1 Πλάκες ή πέδιλα χωρίς οπλισμό έναντι διάτρησης

Η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής δύναμης αντοχής ανά μονάδα μήκους της κρίσιμης διατομής δίνεται από τη σχέση:

$$v_{Rd1} = \beta_p\,\tau_{Rd}\,k(1+50\rho_l)d \qquad (13.5)$$

όπου:

τ_{Rd} λαμβάνεται από τον Πίνακα 11.1

$k = 1{,}6 - d \nless 1$ (d σε μέτρα)

$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \ngtr 0{,}015$

ρ_{lx} και ρ_{ly} = ποσοστά διαμήκους οπλισμού κατά x και y

$$d = \frac{1}{2}(d_x + d_y)$$

d_x και d_y στατικά ύψη κατά x και y

$\beta_p = 1+1{,}2/\beta_c \not> 1{,}6$

β_c είναι ο λόγος της μεγάλης προς την μικρή πλευρά της φορτιζόμενης επιφάνειας.

Εάν η περιοχή της κρίσιμης διατομής της πλάκας καταπονείται από ορθές θλιπτικές δυνάμεις (περιλαμβανομένης και της προέντασης), η τιμή του v_{Rd1} της σχέσης (13.5) μπορεί να αυξηθεί πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή β_1 της εξίσωσης (11.3).

13.4.2. Πλάκες ή πέδιλα με οπλισμό έναντι διάτρησης

13.4.2.1 Άνω όριο αντοχής

Ο οπλισμός διάτρησης αποτελείται είτε από λοξές ράβδους είτε από συνδετήρες (κατακόρυφους ή λοξούς) σε μία ή περισσότερες σειρές.

Πάντως ακόμα και όταν τοποθετείται οπλισμός διάτρησης, η v_{Rd2} δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή της παρακάτω σχέσης:

$$v_{Rd2} = 1{,}6\ v_{Rd1} \qquad (13.6)$$

13.4.2.2 Υπολογισμός οπλισμού διάτρησης

Το ποσοστό του οπλισμού διάτρησης πρέπει να προσδιορίζεται έτσι ώστε ηκατακόρυφη συνιστώσα του φορτίου που αναλαμβάνεται ανά μονάδα μήκους από τον οπλισμόν αυτό να είναι τουλάχιστο ίση με:

- 0,75 $v_{Sd,max}$ για εσωτερικά υποστυλώματα, και
- 1,00 $v_{Sd,max}$ για υποστυλώματα κοντά σε ελεύθερα άκρα και γωνίες.

Σε αυτόν τον υπολογισμόν η αντοχή σχεδιασμού του χάλυβα θα λαμβάνεται ίση με τη μικρότερη από τις δυό τιμές f_{yd} και 300 MPa.

Τέλος, ενδείκνυται να γίνεται έλεγχος έναντι διάτρησης και εκτός της ζώνης οπλισμού διάτρησης. Γι' αυτό τον έλεγχο, η πλάκα θεωρείται χωρίς ειδικό οπλισμό έναντι διάτρησης.

14. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΑΠΟ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ (ΛΥΓΙΣΜΟΣ)

14.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εξασφάλιση της αντοχής και της ευστάθειας των κατασκευών επιβάλλει την εξέταση της επιρροής των παραμορφώσεων στην εντατική κατάσταση (θεωρία 2ας τάξεως). Ο έλεγχος ευστάθειας γίνεται για το σύνολο της κατασκευής και τα επιμέρους θλιβόμενα δομικά στοιχεία.

Η εφαρμογή του Κεφαλαίου αυτού για μεμονωμένα υποστυλώματα περιορίζεται στον καμπτικό λυγισμό, όπου οι επιρροές της στρέψης αγνοούνται.

14.2 ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Ο έλεγχος λυγισμού σε μεμονωμένα υποστυλώματα γίνεται επιπλέον του ελέγχου έναντι μεγεθών ορθής έντασης.

14.2.1. Ορισμοί

α) Η λυγηρότητα λ ισούται με

$$\lambda = l_o / i \qquad (14.1)$$

l_o είναι το μήκος λυγισμού, το οποίο υπολογίζεται με βάση τη θεωρία ελαστικότητας και

$$i = \sqrt{I_c / A_c} \qquad (14.2)$$

η ακτίνα αδρανείας του υποστυλώματος κατά την εξεταζόμενη διεύθυνση.

β) Ως ανηγμένη αξονική δύναμη ορίζεται ο λόγος

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c \cdot f_{cd}} \qquad (14.3)$$

όπου:

N_{Sd} = αξονική θλιπτική δύναμη σχεδιασμού του υποστυλώματος

Για να εξασφαλίζεται επαρκής πλαστιμότητα, πρέπει για τους συνδυασμούς δράσεων με σεισμό να ικανοποιείται η σχέση: (βλέπε παρ. 18.4.4)

$$v_d \not> 0{,}65 \qquad (14.4)$$

14.2.2 Όρια και απαλλαγές απ' τον έλεγχο

α) Λυγηρότητα.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη λυγηρότητα είναι

$\lambda_{max} = 200$

β) Τρόπος υπολογισμού.

Διακρίνουμε τρεις περιοχές που καθορίζονται από την τιμή του γινομένου $\lambda\sqrt{v_d}$

$\lambda\sqrt{v_d} \leq 20$	Δεν απαιτείται έλεγχος λυγισμού.
$20 < \lambda\sqrt{v_d} \leq 75$	ο έλεγχος λυγισμού μπορεί να γίνει με την μέθοδο του προτύπου υποστυλώματος (παρ. 14.2.7) ή με άλλη απλουστευτική μέθοδο που δίνει συντηρητικά αποτελέσματα.
$\lambda\sqrt{v_d} > 75$	Ο έλεγχος λυγισμού πρέπει να γίνει με τη γενική μέθοδο (παρ. 14.2.6).

γ) Εκκεντρότητα

Ο έλεγχος λυγισμού μπορεί να παραλειφθεί, εάν η τιμή της εκκεντρότητας e_o ικανοποιεί την ακόλουθη σχέση:

$$e_o \geq 5\,\frac{\varepsilon_y\, l_o^2}{d_o} \qquad (14.5)$$

όπου:

$e_o = M/N$: Εκκεντρότητα αξονικής δύναμης σύμφωνα με τη θεωρία 1ης τάξεως (παρ. 14.2.4)

$\varepsilon_y = f_{yk}/E_s$: παραμόρφωση διαρροής του οπλισμού.

d_o = απόσταση του ακραίου εφελκυόμενου από τον ακραίο θλιβόμενο οπλισμό.

δ) Ερπυσμός

Η επιρροή του ερπυσμού μπορεί να παραλειφθεί, εάν ικανοποιείται μια από τις παρακάτω συνθήκες:

- για υποστυλώματα αμεταθέτων πλαισίων,

$$e_o/h \geq 2{,}0 \qquad (14.6)$$

$$N_{g,k} \leq 0{,}2N_{g+q,k} \qquad (14.7)$$

$$\lambda \leq 70 \qquad (14.8)$$

- για υποστυλώματα μεταθετών πλαισίων,

$$\lambda \leq 45 \qquad (14.9)$$

όπου $N_{g,k}$ είναι η χαρακτηριστική τιμή της αξονικής δύναμης λόγω μακροχρόνιων δράσεων (οι οποίες προκαλούν ερπυσμό) και $N_{g+q,k}$ είναι η χαρακτηριστική τιμή της αξονικής δύναμης λόγω του συνόλου των δράσεων.

14.2.3 Πρόσθετη εκκεντρότητα

Για την κάλυψη ατελειών και αβεβαιοτήτων, που δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μια πρόσθετη εκκεντρότητα, e_a, του σημείου εφαρμογής της συνισταμένης των εξωτερικών αξονικών δυνάμεων, κατά την περισσότερο δυσμενή για τον λυγισμό διεύθυνση

$$e_a = \frac{l_o}{300} \not< 20\ \text{mm} \qquad (14.10)$$

14.2.4 Εκκεντρότητες υπολογισμού

Η ολική εκκεντρότητα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό υποστυλώματος σταθερής διατομής (σκυροδέματος και οπλισμού) είναι

$$e_{tot} = e_1 + e_2 = e_o + e_a + e_2 \quad (14.11)$$

όπου

e_o = εκκεντρότητα 1ης τάξεως στην κρίσιμη διατομή.

Για αμετάθετα υποστυλώματα των οποίων οι εκκεντρότητες στα άκρα είναι e_{o1} και e_{o2} με $|e_{o2}| \geq |e_{o1}|$ ή και $e_{o2} \geq 0$, η εκκεντρότητα e_o λαμβάνεται ίση με την μεγαλύτερη από τις παρακάτω τιμές:

$$e_o = 0{,}6e_{02} + 0{,}4e_{01} \quad (14.12)$$

$$e_o = 0{,}4e_{02} \quad (14.13)$$

e_a = πρόσθετη εκκεντρότητα κατά την εξίσωση (14.10)

e_2 = εκκεντρότητα 2ας τάξεως.

14.2.5 Επιρροή του ερπυσμού

Η επιρροή του ερπυσμού δεν απαιτεί να ληφθεί υπόψη όταν ισχύουν οι συνθήκες της παρ. 14.2.2δ.

Για την αντιμετώπιση της επιρροής του ερπυσμού επιτρέπεται η χρήση προσεγγιστικών μεθόδων.

Οι ερπυστικές παραμορφώσεις που λαμβάνονται υπόψη, προκαλούνται από τις μακροχρόνιες δράσεις αυξημένες με τον επιμέρους συντελεστή ασφαλείας του ερπυσμού, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 1,20.

Για τα συνήθη κτιριακά έργα δεν απαιτείται να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή του ερπυσμού.

14.2.6 Γενική μέθοδος υπολογισμού

Πρέπει να αποδειχθεί ότι η ισορροπία στο παραμορφωμένο σύστημα το οποίο υποβάλλεται στις αξονικές δυνάμεις και τις ροπές σχεδιασμού είναι ευσταθής. Ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών με την θεωρία 2ας τάξεως γίνεται σύμφωνά με τις παρακάτω γενικές αρχές:

α) Τα διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων του σκυροδέματος και του οπλισμού λαμβάνονται σύμφωνα με τις παρ. 10.4.3.1 και 10.4.4 και το μέτρο ελαστικότητας από τον Πίνακα 2.2. Δεν επιτρέπεται εν γένει να λαμβάνεται υπόψη η συνεργασία του σκυροδέματος σε εφελκυσμό στην ρηγματωμένη διατομή.

β) Εκτός από τις εκκεντρότητες πρώτης τάξεως, λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό οι πρόσθετες εκκεντρότητες λόγω γεωμετρικών ατελειών (παρ. 14.2.3) και ερπυσμού (παρ. 14.2.5). Εκκεντρότητες λόγω θερμοκρασιακών επιρροών και συστολής ξήρανσης δεν λαμβάνονται γενικώς υπόψη.

14.2.7 Μέθοδος προτύπου υποστυλώματος

14.2.7.1 Ορισμός

«Πρότυπο υποστύλωμα» είναι ένας στύλος που:

- είναι πακτωμένος στην βάση και ελεύθερος στην κορυφή,
- κάμπτεται με απλή καμπυλότητα λόγω αξονικών φορτίων (συγκεντρωμένων ή κατανενημένων) ή λόγω ροπής στην κορυφή,
- έχει πρακτικώς σταθερές διαστάσεις διατομής,
- το μέγιστο βέλος e_2 (εκκεντρότητα 2ας τάξεως) και η καμπυλότητα, $1/r$, στην βάση μπορούν να θεωρηθούν ότι συνδέονται μέσω της προσεγγιστικής σχέσης

$$e_2 = \frac{l_o^2}{10} \cdot \frac{1}{r} k_1 \quad (14.14)$$

όπου

$$k_1 = \frac{\lambda}{20} - 0{,}75 \text{ για } 25 \leq \lambda \leq 35$$

$$k_1 = 1 \text{ για } \lambda > 35$$

14.2.7.2 Εφαρμογές της μεθόδου

Εκκινώντας από τα διαγράμματα ροπής αντοχής M_{Rd}, αξονικής δύναμης αντοχής N_{Rd} και καμπυλότητας $1/r$ στην κρίσιμη διατομή, είναι δυνατόν να δοθεί σε μορφή πινάκων η διαθέσιμη ροπή αντοχής μετά την αφαίρεση των επιρροών 2ας τάξεως.

Η επίλυση του προτύπου υποστυλώματος μπορεί επίσης να γίνει μέσω απλοποιημένης μεθόδου ισορροπίας.

14.2.8 Διαξονική κάμψη

Σε υποστυλώματα ορθογωνικής διατομής, όταν η F_d περιλαμβάνεται σ' ένα κύριο επίπεδο, τότε οι έλεγχοι μπορούν να γίνουν χωριστά:

- αφενός σ' αυτό το κύριο επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη εκκεντρότητα $e_o + e_{a1} + e_{21}$
- αφετέρου στο κάθετο προς αυτό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη εκκεντρότητα $e_{a2} + e_{22}$.

Αρχούν επίσης, και είναι δεκτοί, χωριστοί έλεγχοι στα δύο κύρια επίπεδα, αν ικανοποιείται μια απ' τις παρακάτω συνθήκες:

$$(e_z/h) \,/\, (e_y/b) \leq 0{,}2 \quad (14.15)$$

$$(e_y/b) \,/\, (e_z/h) \leq 0{,}2 \quad (14.16)$$

όπου:

$e_y = M_z/N_{sd}$

$e_z = M_y/N_{sd}$

Εάν δεν ικανοποιείται μια απ' τις συνθήκες (14.15) ή (14.16), τότε μπορεί να χρησιμοποιηθούν κατάλληλες προσεγγιστικές μέθοδοι.

Οι μέθοδοι αυτοί μπορεί να χρησιμοποιηθούν επίσης και στην περίπτωση εκκεντροτήτων και ως προς τα δύο κύρια επίπεδα, αν τα κεντρικά τρίτα των ελαστικών γραμμών λυγισμού στα κύρια επίπεδα δεν επικαλύπτονται.

14.3 ΑΜΕΤΑΘΕΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Γενικώς τα κτίρια, πλην των μονορόφων, πρέπει να είναι της μορφής αμεταθέτων πλαισίων κατά το νόημα της παρ. 14.3.1.

14.3.1 Ορισμός αμεταθετότητας πλαισίων

Αμετάθετα είναι τα πλαίσια των οποίων οι κόμβοι παρουσιάζουν μηδενικές ή πολύ μικρές μετατοπίσεις υπό τις δράσεις σχεδιασμού. Τα πλαίσια μπορούν να θεωρηθούν ως αμετάθετα όταν ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις της παρ. α) ή (διαζευκτικά) β).

α) Εάν υπάρχουν τοιχώματα τα οποία παραλαμβάνουν τουλάχιστον το 90% της οριζόντιας δύναμης σε κάθε όροφο και ικανοποιούν τις σχέσεις

$$h_{tot}\sqrt{F_V/E_{cm}I} \leq 0{,}2 + 0{,}1n \quad \text{για} \quad n \leq 3 \quad (14.17)$$

$$h_{tot}\sqrt{F_V/E_{cm}I} \leq 0{,}6 \quad \text{για} \quad n \geq 4 \quad (14.18)$$

όπου:

n = αριθμός ορόφων

h_{tot} ολικό ύψος κατασκευής μετρούμενο από τη στάθμη εκείνη κάτω από την οποία ή βρίσκεται έδαφος ή πρακτικώς απαραμόρφωτα υπόγεια.

$E_{cm}I$ συνολική ακαμψία σταδίου Ι των τοιχωμάτων που εξασφαλίζουν το αμετάθετο των κόμβων κατά την υπόψη διεύθυνση (βλέπε παρ. 2.5.2 για το E_{cm}).

F_v άθροισμα όλων των κατακόρυφων φορτίων λειτουργίας $(G_k + Q_k)$.

β) Εάν σε κάθε όροφο ικανοποιείται η σχέση

$$\theta = \frac{F_{dv}\delta}{F_{dh}h} \leq 0{,}10 \quad (14.19)$$

όπου:

θ συντελεστής ευστάθειας,

F_{dv} συνολικό κατακόρυφο φορτίο πάνω από τον εξεταζόμενο όροφο στην οριακή απόσταση αστοχίας,

δ διαφορά βελών στον υπόψη όροφο λόγω των οριζοντίων φορτίων

(σχετικό βέλος ορόφου),

F_{dh} συνολική οριζόντια δύναμη που ενεργεί πάνω από τον υπόψη όροφο στην οριακή κατάσταση αστοχίας

h ύψος ορόφου

Για οριζόντια φορτία λόγω σεισμικών δράσεων το σχετικό βέλος ορόφων δ ισούται με αυτό που υπολογίζεται από την ανάλυση για τα φορτία του κατάλληλου συνδυασμού της παρ. 6.4.2.1 πολλαπλασιασμένο με τον δείκτη συμπεριφοράς, ο οποίος μέχρι της ισχύος του Νέου Αντισεισμικού Κανονισμού θα λαμβάνεται ίσος με 4.0.

14.3.2. Υπολογισμός αμεταθέτων πλαισίων

Απλοποιητικά ο υπολογισμός αμεταθέτων πλαισίων μπορεί να γίνει σε δύο στάδια:

α) κατ' αρχήν γίνεται γενικός υπολογισμός του πλαισίου με την θεωρία της 1ης τάξεως και
β) κατόπιν γίνεται έλεγχος λυγισμού κάθε υποστυλώματος, θεωρούμενου ως μεμονωμένου, σύμφωνα με την παρ. 14.2.

14.4 ΜΕΤΑΘΕΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Μεταθετά είναι τα πλαίσια των οποίων οι κόμβοι παρουσιάζουν σημαντικές οριζόντιες μετατοπίσεις υπό τις δράσεις σχεδιασμού.

Τα πλαίσια θεωρούνται ως μεταθετά εάν δεν ικανοποιούν τις εξισώσεις (14.17), (14.18) ή (14.19) της παρ. 14.3.1.

Σε περιπτώσεις όπου ειδικοί λόγοι επιβάλλουν τον σχεδιασμό κτιρίων που δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν ότι είναι της μορφής αμεταθέτων πλαισίων, κατά το νόημα της παρ. 14.3.1, τότε ο έλεγχος της στατικής μελέτης θα γίνεται από εξειδικευμένη Δημόσια Υπηρεσία.

14.4.1 Πρόσθετη κλίση

Για κάλυψη διαφόρων επιρροών που λαμβάνονται προσεγγιστικά υπόψη στον υπολογισμό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μια πρόσθετη κλίση "α" όλων των κατακορύφων στοιχείων (υποστυλώματα, τοιχεία κ.λ.π.) ως προς την κατακόρυφο, για τους βασικούς συνδυασμούς δράσεων χωρίς σεισμό, με τιμές:

$$\tan\alpha = 1/150 \qquad (14.20)$$

για μεμονωμένα πλαίσια ή κατασκευές που φορτίζονται κυρίως στην κορυφή, ή

$$\tan\alpha = 1/120 \text{ γι άλλους} \qquad (14.21)$$

τύπους πλαισίων ή κατασκευών

14.4.2 Γενικός τρόπος υπολογισμού μεταθετών πλαισίων

Η επίλυση γίνεται με την θεωρία 2ας τάξεως σύμφωνα με τις παρακάτω αρχές:

α) Τα διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων του σκυροδέματος και του οπλισμού λαμβάνονται σύμφωνα με τις παρ. 10.4.3 και 10.4.4 το μέτρο ελαστικότητας από τον Πίνακα 2.2.
β) Οι ακαμψίες του υπολογισμού πρέπει να αντιστοιχούν στα γεωμετρικά μεγέθη και την εντατική κατάσταση των μελών του συστήματος.
γ) Οι πρόσθετες κλίσεις της παρ. 14.4.1 πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
δ) Η επιρροή της συστολής ξήρανσης μπορεί να αγνοηθεί.
ε) Η επιρροή του ερπυσμού πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, αν είναι σημαντική (βλέπε παρ. 14.2.2). Υπολογίζεται για τις μακροχρόνιες δράσεις αυξημένες με τον επιμέρους συντελεστή ασφαλείας του ερπυσμού (βλ. παρ. 14.2.5).

15. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ

15.1 Γενικές Απαιτήσεις

Ο έλεγχος της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας από ρηγμάτωση γίνεται για να ικανοποιηθούν οι παρακάτω απαιτήσεις:

α) Η λειτουργία της κατασκευής δεν πρέπει να εμποδίζεται λόγω σχηματισμού ρωγμών.
β) Η ανθεκτικότητα σε διάρκεια της κατασκευής πρέπει να εξασφαλίζεται.
γ) Η εμφάνιση της κατασκευής δεν πρέπει να επηρεάζεται δυσμενώς.
δ) Η πλαστιμότητα των δομικών στοιχείων δεν πρέπει να επηρεάζεται δυσμενώς.

15.2 Κριτήρια σχεδιασμού

Ο περιορισμός της εγκάρσιας ρηγμάτωσης (καθέτως προς τις ράβδους του οπλισμού), ώστε να ικανοποιούνται οι γενικές απαιτήσεις της παρ. 15.1, επιτυγχάνεται όταν ικανοποιούνται ταυτόχρονα τα παρακάτω κριτήρια α) και β)

α) Με έλεγχο (περιορισμό) του ανοίγματος ρωγμών, για στοιχεία από ωπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με την παρ. 15.3, είτε με έλεγχο των τάσεων σκυροδέματος για στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με την παρ. 15.4.
β) Με τοποθέτηση ελάχιστου οπλισμού σύμφωνα με την παρ. 15.5.

Ο περιορισμός της διαμήκους ρηγμάτωσης (παράλληλος προς τις ράβδους του οπλισμού) ώστε να ικανοποιούνται οι γενικές απαιτήσεις της παρ. 15.1, επιτυγχάνεται.

α) με κατάλληλη εκλογή της επικάλυψης σκυροδέματος ώστε να εξασφαλισθεί η πλήρης ανάπτυξη της συνάφειας χωρίς να συμβεί διαμήκης ρηγμάτωση (βλ. παρ. 5.1) και
β) με περιορισμό των εφελκυστικών τάσεων του σκυροδέματος (βλ. παρ. 15.4).

15.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΡΩΓΜΩΝ

Ο έλεγχος του περιορισμού του ανοίγματος ρωγμών γίνεται είτε απλοποιητικά, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1, η οποία καλύπτει τις συνήθειες περιπτώσεις είτε αναλυτικά για πιο ειδικές περιπτώσεις.

15.3.1 Έλεγχος

Ο απλοποιητικός έλεγχος συνίσταται στον περιορισμό συναρτήσει των τάσεων του οπλισμού, είτε της διαμέτρου των οπλισμών, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1.1., είτε των αποστάσεων μεταξύ των ράβδων του οπλισμού, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1.2.

Οι τιμές των τάσεων του οπλισμού σ_s υπολογίζονται σε στάδιο II για τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς δράσεων [εξ. (6.13)] και δεν επιτρέπεται να λαμβάνονται μεγαλύτερες του f_{yk}.

15.3.1.1 Μέγιστες διάμετροι ράβδων οπλισμού

Η απαίτηση περιορισμού της ρηγμάτωσης σύμφωνα με την παρ. 15.1 θεωρείται ότι ικανοποιείται, εάν οι διάμετροι των ράβδων του οπλισμού δεν υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 15.1. Για δέσμες ράβδων οι τιμές του Πίνακα 15.1, εφαρμόζονται για την ισοδύναμη διάμετρο Φ_n ή σύμφωνα με την εξ. (17.4).

Τάση χάλυβα σ_s(MPa)	160	200	240	280	350	400	450
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1, 2	36	36	28	25	16	10	6
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 3, 4	28	20	16	12	8	5	3
Για λείες ράβδους οι τιμές των διαμέτρων διαιρούνται διά 2.							
Ενδιάμεσες τιμές προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή.							
Για πάχη δομικών στοιχείων h > 300mm επιτρέπεται αύξηση των μεγίστων διαμέτρων κατά h(mm)/300.							

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.1

Μέγιστες διάμετροι ράβδων υψηλής συνάφειας σε (mm) για περιορισμό της ρηγμάτωσης.

15.3.1.2 Μέγιστες αποστάσεις ράβδων οπλισμού

Η απαίτηση περιορισμού της ρηγμάτωσης σύμφωνα με την παρ. 15.1 θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν οι αποστάσεις των ράβδων από

νευροχάλυβα δεν υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 15.2.

Οι τιμές αυτές ισχύουν για τις ράβδους που βρίσκονται στις εφελκυόμενες περιοχές δομικών στοιχείων τα οποία καταπονούνται από κάμψη ή έκκεντρη θλίψη.

Για δομικά στοιχεία καταπονούμενα από καθαρό εφελκυσμό, οι τιμές του Πίνακα 15.2 πρέπει να διαιρεθούν δια 2.

Για στοιχεία καταπονούμενα σε έκκεντρο εφελκυσμό γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Τάση χάλυβα σ_s(MPa)	160	200	240	280	350
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1 ή 2	*	*	250	200	150
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 3 ή 4	250	200	150	100	70
* Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο Πίνακας 15.1 Για λείες ράβδους οι τιμές των αποστάσεων διαιρούνται διά 2.					

15.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Κατά την διάρκεια κατασκευής ή λειτουργίας του έργου, οι τάσεις στο σκυρόδεμα για βραχυχρόνιους συνδυασμούς δράσεων λαμβανομένης υπόψη και της προέντασης σύμφωνα με την εξ. (6.13), πρέπει να περιορίζονται ως ακολούθως:

α) Εφελκυστικές τάσεις

Για πλήρη προένταση δεν επιτρέπεται να αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις σε καμμία ίνα της προθλιβόμενης εφελκυόμενης ζώνης του σκυροδέματος.

Για περιορισμένη προένταση δεν επιτρέπεται οι εφελκυστικές τάσεις σε καμμία ίνα της προθλιβόμενης εφελκυόμενης ζώνης να ξεπερνούν την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος (Πίνακας 2.1).

β) Θλιπτικές τάσεις

Οι θλιπτικές τάσεις δεν επιτρέπεται σε καμμία ίνα του στοιχείου να ξεπερνούν την τιμή $0,6f_{ck}$.

γ) Κύριες τάσεις

Σε προεντεταμένα στοιχεία, οι κύριες τάσεις σ_I (εφελκυστική) και σ_{II} (θλιπτική) πρέπει να ικανοποιούν την σχέση:

$$\frac{\sigma_I}{f_{ct}} + \frac{2}{3}\frac{\sigma_{II}}{f_{ck}} \leq 1$$

15.5 ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Σε περιοχές δομικών στοιχείων στις οποίες είναι δυνατόν να αναπτυχθούν εφελκυστικές τάσεις λόγω παρεμποδιζομένων παραμορφώσεων (λόγω συστολής ξήρανσης, θερμοκρασίας, καθιζήσεων κ.λ.π.), πρέπει να τοποθετείται ένας ελάχιστος οπλισμός με συνάφεια, ώστε η τάση του οπλισμού κατά την ενδεχόμενη ρηγμάτωση να παραμείνει μικρότερη από την τάση διαρροής. Η συνολική διατομή A_S αυτού του οπλισμού καθορίζεται από την σχέση:

$$A_S = k\, f_{ctk} \frac{A_{ct}}{\sigma_s} \qquad (15.5)$$

όπου:

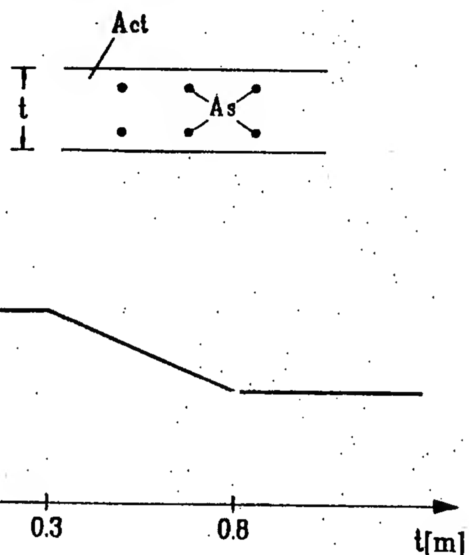
A_{ct} = εφελκυόμενη ζώνη σκυροδέματος σταδίου I

f_{ctk} = χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος $f_{ctk0,95}$ σύμφωνα με τον Πίνακα 2.1.

σ_s = τάση οπλισμού σταδίου II, η οποία προσδιορίζεται συναρτήσει της εκλεχθείσης διαμέτρου από τον Πίνακα 15.1. Η τάση αυτή δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερη από f_{yk}.

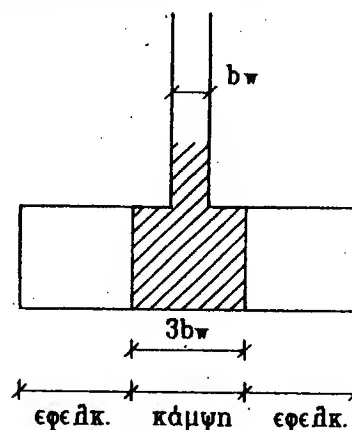
k = συντελεστής συναρτήσει της εντατικής κατάστασης του στοιχείου:
για κάμψη k = 0,5

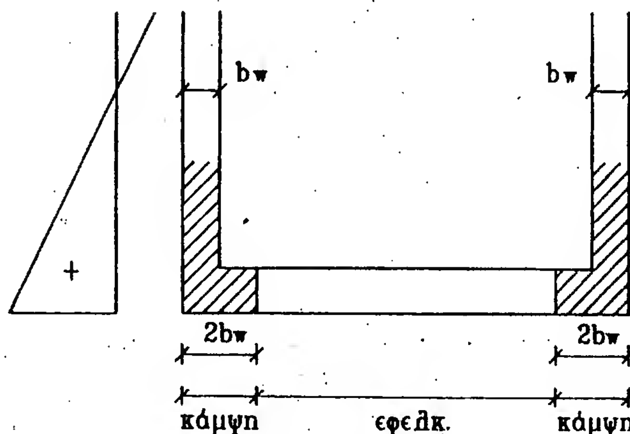
για καθαρό εφελκυσμό οι τιμές του k δίνονται συναρτήσει του πάχους του στοιχείου t από το Σχήμα 15.1.



Σχήμα 15.1.
Τιμές του k για καθαρό εφελκυσμό.

Για εφελκυόμενα πέλματα πλακοδοκών, σε πλάτος b_w εκατέρωθεν του κορμού, λαμβάνεται k = 0,5 (Σχ. 15.2).





Σχήμα 15.2.
Τιμές του k για εφελκυόμενα πέλματα

Η τοποθέτηση ελάχιστου οπλισμού με συνάφεια δεν απαιτείται στην εφελκυόμενη ζώνη προεντεταμένων στοιχείων στην άμεση γειτονιά των

τενόντων. Απαιτείται η τοποθέτηση αυτού του οπλισμού στις περιοχές της εφελκυόμενης ζώνης που απέχουν από τους τένοντες περισσότερο από 300 mm.

16. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

16.1. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΝΑΝΤΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Ο μελετητής πρέπει να εξετάσει αν απαιτούνται ειδικοί έλεγχοι των παραμορφώσεων σε κατάσταση λειτουργίας, ώστε:

- να εξασφαλισθεί η χρήση για την οποία προβλέπεται το έργο,
- να αποφευχθούν οι βλάβες,
- να προβλεφθούν στη φάση της κατασκευής αρνητικά βέλη (υπερυψώσεις).

Σε ορισμένες περιπτώσεις ο μελετητής πρέπει σε συμφωνία με τον κύριο του έργου, να καθορίσει παραδεκτές οριακές τιμές παραμορφώσεων.

Εφόσον δεν ορίζονται αυστηρότερα κριτήρια, τα υπολογιζόμενα βέλη κάμψης οριζόντιων δομικών στοιχείων για τα συνήθη οικοδομικά έργα πρέπει να μην υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 16.1.

ΤΥΠΟΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΟΡΙΟ
Δώματα και πατώματα που φέρουν ευαίσθητα διαχωριστικά	ℓ/500
Δώματα και πατώματα που φέρουν μή ευαίσθητα διαχωριστικά	ℓ/250

Πίνακας 16.1
Μέγιστες τιμές των βελών κάμψης οριζόντιων δομικών στοιχείων οικοδομικών έργων από ωπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα.

16.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΑΛΛΑΓΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΩΝ ΒΕΛΩΝ ΚΑΜΨΗΣ

Ο έλεγχος των βελών κάμψης δεν είναι απαραίτητος στις παρακάτω περιπτώσεις:

- αμφιέρειστες ή τετραέρειστες πλάκες με λόγο αl/d μικρότερο ή ίσο με 35,
- δοκοί με λόγο αl/h μικρότερο ή ίσο με 20,
- δοκοί με πλάκες που φέρουν ευαίσθητα διαχωριστικά, με λόγο $(\alpha l)^2/h$ μικρότερο ή ίσο με 150 (l και h σε μέτρα), εκτός αν λαμβάνονται κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα οπότε μπορούν να εφαρμοσθούν τα προηγούμενα όρια πλακών και δοκών.

Για τις συνηθισμένες περιπτώσεις εφαρμογής με σταθερό ύψος κατασκευής, ο συντελεστής α μπορεί να λαμβάνεται από τον Πίνακα 16.2.

ΔΟΚΟΙ	ΠΛΑΚΕΣ	α
		1.0
ακραίο άνοιγμα, ℓ		0.8
		0.6
ℓmin ≥0.8 ℓmax, ℓ	ℓ	2.4

Πίνακας 16.2
Τιμές του α (λόγου μεταξύ ιδεατού μήκους και θεωρητικού ανοίγματος)

16.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΩΝ ΚΑΜΨΗΣ

16.3.1 Βασικές αρχές υπολογισμού βελών κάμψης

Τα βέλη που προέρχονται από ροπές κάμψης προκύπτουν από διπλή ολοκλήρωση της καμπυλότητας 1/r κατά μήκος του στοιχείου. Η ολική καμπυλότητα σε χρόνο t είναι το άθροισμα της καμπυλότητας λόγω στιγμιαίων φορτίων και των καμπυλοτήτων λόγω ερπυσμού και συστολής ξήρανσης, δηλαδή:

$$(1/r)_t = (1/r)_e + (1/r)_{cc} + (1/r)_{cs} \qquad (16.1)$$

όπου γενικά, ανάλογα με το υπόψη τμήμα του φορέα, κάθε ένας από τους όρους του δεύτερου μέρους της εξίσωσης σχετίζεται με το στάδιο I, με το στάδιο II με σταθεροποιημένες ρωγμές ή με κάποιο ενδιάμεσο στάδιο.

16.3.1.1 Υπολογισμός των βελών κάμψης λόγω καμπτικών ροπών και αξονικών δυνάμεων

Τα βέλη κάμψης προκύπτουν γενικά από τη διπλή ολοκλήρωση της καμπυλότητας $(1/r)_t$ κατά μήκος του στοιχείου.

Σε περίπτωση μη ρηγματωμένης διατομής (στάδιο I) ο υπολογισμός γίνεται με τις μεθόδους της ελαστικότητας.

Για στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα που συνήθως βρίσκονται στο στάδιο I, το βέλος που προκύπτει από τις μεθόδους της ελαστικότητας θα πρέπει να διορθώνεται κατάλληλα, ώστε να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή από τη συστολή ξήρανσης, τη χαλάρωση και τον ερπυσμό.

Στην περίπτωση ρηγματωμένης διατομής (στάδιο II) για τα συνηθισμένα οικοδομικά έργα, ο υπολογισμός των βελών κάμψης λόγω καμπτικών ροπών και αξονικών δυνάμεων μπορεί να γίνει με την βοήθεια καταλλήλων προσεγγιστικών υπολογισμών.

17. ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΗΣ

17.1 ΠΕΔΙΟ ΟΡΙΣΜΟΥ

Οι Κανόνες του παρόντος Κεφαλαίου ισχύουν για κατασκευές ωπλισμένου και προεντεταμένου σκυροδέματος ακόμα και σε περιοχές με σεισμό.

Οι παρ. 17.1 έως και παρ. 17.9 ισχύουν για χάλυβες ωπλισμένου σκυροδέματος.

Η παρ. 17.10 ισχύει για τους τένοντες προέντασης.

Οι παρ. 17.8 και 17.11 ισχύουν για χάλυβες ωπλισμένου και προεντεταμένου σκυροδέματος.

Διατάξεις για ενώσεις συγκολλητών δομικών πλεγμάτων, συμπληρωματικοί κανόνες για ράβδους υψηλής συνάφειας και διαμέτρου $\Phi > 32$mm και για δέσμες ράβδων, καθώς και οι διατάξεις για επιφανειακό οπλισμό περιλαμβάνονται στο Βοήθημα του κανονισμού.

17.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

17.2.1 Προτιμώμενες ονομαστικές διάμετροι

Πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια τυποποίησης των χρησιμοποιούμενων διαμέτρων.

17.2.2. Ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων

Η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων επιτρέπεται μόνο αν αυτό λαμβάνεται υπόψη κατά την διαστασιολόγηση και εφόσον αποκλείεται κάθε σύγχυση κατά την κατασκευή.

17.2.3 Κάμψεις οπλισμών

17.2.3.1 Επιτρεπόμενες διάμετροι καμπύλωσης

Η επιτρεπόμενη ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης αγκίστρων ημικυκλικών ή ορθογωνικών, αναβολέων κ.λ.π. δίνεται από τον Πίνακα 17.1.

		S220	S400, S500
1	Διάμετρος ράβδου Φ mm	Αγκιστρα ημικυκλικά, αναβολείς, συνδετήρες	Αγκιστρα ημικυκλικά, αναβολείς, συνδετήρες
2	< 20	2,5Φ	4 Φ
3	20 μέχρι 25	5 Φ	7 Φ
4	Επικάλυψη σκυροδέματος κάθετη στην επιφάνεια καμπυλότητας	Κάμψεις και άλλες καμπυλότητες ράβδων (π.χ. σε γωνίες πλαισίων)*	
5	> 50 mm και > 3Φ	10 Φ	15Φ **
6	≤ 50 mm ή ≤ 3 Φ	15 Φ	20 Φ

Πίνακας 17.1
Ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης

17.2.3.2 Κάμψεις σε συγκολλητούς οπλισμούς

Οι τιμές του Πίνακα 17.1 ισχύουν και για συγκολλητούς οπλισμούς και συγκολλητά δομικά πλέγματα που κάμπτονται μετά την συγκόλληση μόνο τότε, όταν η απόσταση μεταξύ της αρχής της κάμψης και του σημείου συγκόλλησης είναι τουλάχιστον 4Φ.

Αυτή η απόσταση μπορεί να μειωθεί, ή η κάμψη μπορεί να γίνει στην περιοχή της συγκόλλησης όταν:

για κυρίως ήρεμη φόρτιση $D \geq 20Φ$.

17.3 ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Πρέπει οπωσδήποτε να τηρούνται οι διατάξεις της παρ. 5.1 που αφορούν την ελάχιστη ονομαστική επικάλυψη.

17.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Η καθαρή απόσταση παραλλήλων οπλισμών εκτός των περιοχών ενώσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με:
- τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων,
- 20 mm

Όταν οι ράβδοι τοποθετούνται σε περισσότερες από μια οριζόντιες στρώσεις, τότε πρέπει να τοποθετούνται η μία επάνω από την άλλη. Εξαίρεση των καθαρών αυτών αποστάσεων γίνεται στις ράβδους με υπερκάλυψη στην περιοχή της ενώσεως όπου μπορεί η μια να εφάπτεται της άλλης.

17.5 ΟΡΙΑΚΗ ΤΑΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

Η ποιότητα της συνάφειας εξαρτάται από την διάσταση του δομικού στοιχείου και από την θέση και κλίση του οπλισμού.

Οι τάσεις συνάφειας θεωρούνται σταθερές κατά μήκος των ράβδων. Ο προσδιορισμός των μηκών αγκυρώσεων και των επικαλύψεων βασίζεται στην οριακή τιμή της f_{bd}.

Οι συνθήκες συνάφειας θεωρούνται ευνοϊκές (περιοχή συνάφειας I) όταν:

α) το δομικό στοιχείο έχει πάχος κατά την διεύθυνση σκυροδέτησης ≤ 250mm,

β) οι ράβδοι έχουν κλίση 45°-90° ως προς την οριζόντια (για κατακόρυφη σκυροδέτηση),

γ) οι ράβδοι ευρίσκονται στο κατώτερο μισό πάχος του στοιχείου ή τουλάχιστον 300mm κάτω από το πάνω άκρο του.

Επίσης πρέπει οι ράβδοι να είναι καλά εγκιβωτισμένες με εγκάρσιο οπλισμό στο εσωτερικό του σκυροδέματος.

Δεν θεωρούνται ευνοϊκές οι συνθήκες συνάφειας (περιοχή συνάφειας II) σε όλες τις άλλες περιπτώσεις.

Οι βασικές τιμές του f_{bd} δίνονται στον Πίνακα 17.2.

Περιοχή συνάφειας	fck	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Περιοχή συνάφειας I	λείες ράβδοι	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
	ράβδοι υψηλής συνάφειας με Φ<32	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2
Περιοχή συνάφειας II	70% των τιμών της περιοχής συνάφειας I									

Πίνακας 17.2
Βασικές τιμές του f_{bd}(MPa)

17.6 ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ

17.6.1 Τύποι αγκυρώσεων

Σε σχέση με την αποδοτικότητά τους οι αγκυρώσεις διακρίνονται σε 4 τύπους (Σχήμα 17.1):
1. ευθύγραμμες αγκυρώσεις,
2. καμπύλες αγκυρώσεις (άγκιστρα ημικυκλικά, ορθής γωνίας, αναβολείς),
3. ευθύγραμμες αγκυρώσεις με τουλάχιστον μία συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο στο μήκος αγκύρωσης,
4. αγκυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία.

		Αγκύρωση σε: εφελκυσμό	Αγκύρωση σε: θλίψη
①	l_b, Φ	1.0	1.0
②	>5Φ, D, άγκιστρα ημικυκλικά, α≥135°, l_b, Φ; >5Φ, D, άγκιστρα ορθογωνικά, 135>α≥90°, l_b, Φ; αναβολείς, D, l_b, Φ	0.7	1.0
③	l_b, Φ	0.7	0.7
		Συντελεστής α	

Σχήμα 17.1
Τύποι αγκυρώσεων και τιμές του συντελεστή α της εξίσωσης 17.2.

17.6.2 Βασικό μήκος αγκύρωσης

Το βασικό μήκος l_b είναι το μήκος αγκύρωσης ευθύγραμμων ράβδων με πλήρη εκμετάλλευση της αντοχής τους.

Για μεμονωμένες ράβδους και συγκολλητά δομικά πλέγματα ράβδων με νευρώσεις, το l_b προσδιορίζεται από τη σχέση (17.1):

$$l_b = \frac{\Phi}{4} \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (17.1)$$

όπου:

Φ, η διάμετρος της ράβδου, η οποία για δομικά πλέγματα διπλών ράβδων αντικαθίσταται από την ισοδύναμη διάμετρο $\Phi\sqrt{2}$,

f_{bd}, η οριακή τάση συνάφειας σύμφωνα με την παρ. 17.5 και

f_{yd}, η αντοχή σχεδιασμού του χάλυβα, η οποία για αγχύρωση στις περιοχές, πιθανών πλαστικών αρθρώσεων αντικαθίσταται από μία τιμή 1,20 f_{yk} τουλάχιστον ίση με την μέση τιμή διαρροής.

Για συγκολλητά δομικά πλέγματα με ράβδους λείες ή με εγκοπές, το μήκος l_b είναι το μήκος που αντιστοιχεί σε 4 συγκολλημένες εγκάρσιες ράβδους, αλλά όχι μεγαλύτερο από το μήκος που προκύπτει από την εξ. (17.1) για πλέγματα με ράβδους και νευρώσεις.

17.6.3 Μήκος αγχύρωσης

Το απαιτούμενο μήκος αγχύρωσης $l_{b,net}$ εξαρτάται από τον τύπο της αγχύρωσης και την υπάρχουσα τάση στο χάλυβα, και υπολογίζεται για μεμονωμένες ράβδους και συγκολλητά δομικά πλέγματα ράβδων με νευρώσεις από την εξ. (17.2).

$$l_{b,net} = \alpha\, l_b \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} \not< l_{b,min} \quad (17.2)$$

όπου:

$A_{s,cal}$, η κατά τους υπολογισμούς θεωρητικά απαιτούμενη διατομή οπλισμού,

$A_{s,ef}$, η υπάρχουσα διατομή οπλισμού,

α, συντελεστής εξαρτώμενος από τον τύπο αγχύρωσης κατά το Σχήμα 17.1

$l_{b,min}$ = 10 Φ για αγχυρώσεις τύπου 1,3 (Βλ. Σχ. 17.1) $\not<$ 100mm

0,50 D + Φ για αγχύρωση τύπου 2 (Βλ. Σχ. 17.1) $\not<$ 100mm

l_b, κατά την εξ. 17.1.

Για συγκολλητά δομικά πλέγματα με λείες ράβδους, το μήκος $l_{b,net}$ προσδιορίζεται από την εξ. (17.2) εάν υπάρχουν εντός του μήκους αγχύρωσης τουλάχιστον

$$n = 4 \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}}$$ εγκάρσιες ράβδοι.

17.6.4. Εγκάρσιος οπλισμός στις περιοχές αγχυρώσεων

Στις περιοχές αγχυρώσεων πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός. Εξαίρεση αποτελούν οι εφελκυόμενες ράβδοι όταν αναπτύσσεται εγκάρσια θλίψη λόγω αντιδράσεων στηρίξεως.

Το ελάχιστο εμβαδόν του εγκάρσιου οπλισμού πρέπει να είναι το 25% του εμβαδού της μέγιστης από τις αγκυρούμενες ράβδους.

Στις συνήθεις περιπτώσεις πλακών, δοκών, πλακοδοκών, πλακών με νευρώσεις και υποστυλωμάτων, αρχούν οι εγκάρσιοι οπλισμοί που δίνονται στο Κεφάλαιο 18.

Σε πλάκες με διαμήκη οπλισμό διαμέτρου $\Phi > 16$mm, ο εγκάρσιος οπλισμός στις περιοχές αγχυρώσεων πρέπει να τοποθετείται στην εξωτερική παρειά.

17.6.5 Αγχυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία

Η χρήση αγχυρώσεων με πρόσθετα στοιχεία επιτρέπεται μόνο αν υπάρχουν σχετικές εγκριτικές αποφάσεις.

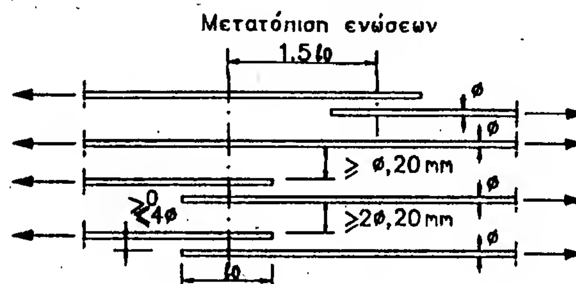
17.7 ΕΝΩΣΕΙΣ

17.7.1 Είδη ενώσεων

Ενώσεις οπλισμών μπορούν να γίνουν με

- υπερκάλυψη των ράβδων με ευθύγραμμα άκρα, με άγκιστρα ημικυκλικά ή ορθογωνικά, με αναβολείς, με ευθύγραμμα άκρα με συγκολλητούς εγκάρσιους οπλισμούς (π.χ. σε συγκολλητά δομικά πλέγματα),
- συγκόλληση,
- μηχανικά μέσα (αρμοχλείδες, ενώσεις με τήγμα μετάλλου κ.α.).

Αν στην περιοχή των ενώσεων υπάρχουν περισσότερες της μιας στρώσεις ράβδων και η τάση των οπλισμών είναι μεγαλύτερη από 0,8 f_{yd}, τότε το στατικό ύψος πρέπει να μετριέται με βάση τις εσωτερικές στρώσεις.



Σχήμα 17.2
Απόσταση των ράβδων οπλισμού στην περιοχή ένωσης

17.7.2 Ενώσεις με υπερκάλυψη

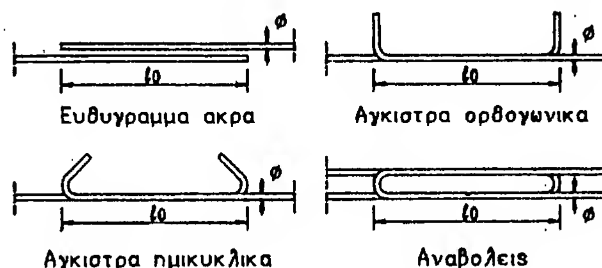
17.7.2.1 Διάταξη των ενώσεων με υπερκάλυψη

Οι ενώσεις με υπερκάλυψη πρέπει, κατά το δυνατόν, να διατάσσονται κατ' αποστάσεις μεταξύ τους και να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους στις περιοχές υψηλών τάσεων.

Για οπλισμούς υψηλής συνάφειας επιτρέπεται η ένωση με υπερκάλυψη μέχρι και όλων των ράβδων (100%) σε μια διατομή του δομικού στοιχείου. Αν όμως οι οπλισμοί που υπερκαλύπτονται βρίσκονται σε περισσότερες στρώσεις τότε επιτρέπεται η υπερκάλυψη μόνο του μισού (50%) της συνολικής διατομής οπλισμού σε μια θέση.

Για λείες ράβδους, επιτρέπεται η ένωση με υπερκάλυψη του ⅓ της διατομής οπλισμού κάθε στρώσης σε μια διατομή του δομικού στοιχείου. Οι δευτερεύοντες οπλισμοί διερείστων πλακών επιτρέπεται να υπερκαλύπτονται στο σύνολό τους (100%) σε μια διατομή.

Ενώσεις με υπερκάλυψη θεωρούνται μετατοπισμένες, όταν η απόσταση των μέσων δύο γειτονικών ενώσεων είναι μεγαλύτερη από 1,5 l_o, όπου l_o το μήκος υπερκάλυψης σύμφωνα με την εξίσωση (17.3). Οι εγκάρσιες αποστάσεις μεταξύ των ράβδων φαίνονται στο Σχήμα 17.2.



Σχήμα Σ 17.3
Ενώσεις με υπερκάλυψη

17.7.2.2 Μήκος υπερκάλυψης εφελκυόμενων ράβδων

Το απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης l_o εφελκυόμενων ράβδων (Σχήμα Σ 17.3) υπολογίζεται από το αντίστοιχο απαιτούμενο μήκος αγχύρωσης, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της όπλισης (Πιν. 17.3):

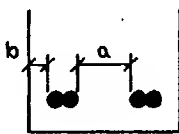
$$l_o = \alpha_1 l_{b,net} \not< l_{o,min} \quad (17.3)$$

όπου:

$l_{b,net}$ μήκος αγχύρωσης κατά την εξίσωση (17.2),

α_1 συντελεστής κατά τον Πίνακα 17.3,

$l_{o,min}$ ελάχιστο μήκος υπερκάλυψης το οποίον είναι ίσο με: (0,3 $\alpha\alpha_1$ l_b,15Φ,200mm)
(για το D βλ. παρ. 17.2.3.1)



Σχήμα Σ 17.4
Συμβολισμοί του Πίνακα 17.3

17.7.2.3 Μήκος υπερκάλυψης θλιβομένων ράβδων

Το μήκος υπερκάλυψης l_o πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$l_o \geq l_b \qquad (17.4)$$

17.7.2.4 Εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης κυρίων οπλισμών

Στις περιοχές υπερκαλύψεων κυρίων οπλισμών πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός, ο οποίος παραλαμβάνει τις εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις. Ο υπάρχων εγκάρσιος οπλισμός που προβλέπεται για άλλους λόγους (π.χ. οπλισμός διάτμησης, οπλισμός διανομής) συνυπολογίζεται στον εγκάρσιο οπλισμό.

Ο απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός δίνεται στον Πίνακα 17.4.

Για το l_b παρ. 17.6.2

Για τα επιτρεπόμενα ποσοστά υπερκάλυψης βλ. παρ. 17.7.2.1.

Περιοχή συνάφειας παρ. 17.5	Απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ενώσεων a	Απόσταση από την πλησιέστερη επιφάνεια b	Ποσοστό υπερκαλυπτομένων ράβδων σε σχέση με την ολική διατομή χάλυβα 20% 25% 33% 50% 50%	Εγκάρσιος οπλισμός διανομής
I	a ≤ 10Φ είτε b ≤ 5Φ a > 10Φ και b > 5Φ		1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4	1,0
II			75% των τιμών της περιοχής συνάφειας I, ≮ 1	1,0

Πίνακας 17.3
Συντελεστές α_1

1	2	3	4	5		6
Θέση υπερκαλυπτομένων ράβδων	Φ ράβδων (mm)	Ποσοστό υπερκαλυπτομένων ράβδων	Απόσταση γειτονικών υπερκαλύψεων κατά την έννοια του μήκους	Εγκάρσιος οπλισμός ΣAst Ποσότητα	Τοποθέτηση	Σχήμα
AsL(μιας ράβδου)	< 16	Τυχόν	Τυχούσα	Δεν απαιτείται ειδικότερη φροντίδα		-
	≥ 16	≤ 20%				
		>20% ≤ 50%	Τυχούσα	ΣAst ≥ AsL	Ευθύγραμμες ράβδοι τοποθετημένες εξωτερικά	Σ 17.6
		> 50%	≥ 10 Φ			
			< 10 Φ		σε μορφή συνδετήρα	Σ 17.6
ΣAsl	Τυχόντα			ΣAst ≥ ΣAsL	σε μορφή συνδετήρα	Σ 17.5
Σημ. Μεγίστη επιτρεπόμενη απόσταση ράβδων εγκαρσίου οπλισμού 150 mm						

Πίνακας 17.4
Απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης κυρίων οπλισμών

17.7.3 Κοχλιωτές ενώσεις

Με κοχλίωση επιτρέπεται να ενωθούν όλες οι ράβδοι σε μια διατομή.

Τα μέσα σύνδεσης (αρμοκλείδες), πρέπει να έχουν:

- δύναμη διαρροής αντίστοιχη του 1,0 $f_{yk}A_s$ και
- δύναμη αντοχής αντίστοιχη του 1,2 $f_{st}A_s$, όπου:

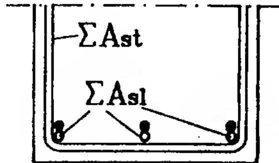
f_{yk}, f_{st}, A_s, το όριο διαρροής, η εφελκυστική αντοχή και η διατομή της προς σύνδεση ράβδου, αντιστοίχως. Για την επικάλυψη σκυροδέματος και την απόσταση των μέσων σύνδεσης στην περιοχή της ένωσης ισχύουν οι παρ. 17.3 και παρ. 17.4, αντιστοίχως όπου καθοριστική είναι η διάμετρό της προς ένωση ράβδου.

Επιτρέπονται διογκώσεις των ενουμένων ράβδων για αύξηση της διατομής πυρήνα, με κλίση σύναρμογής 1:3 (Σχήμα Σ 17.7).

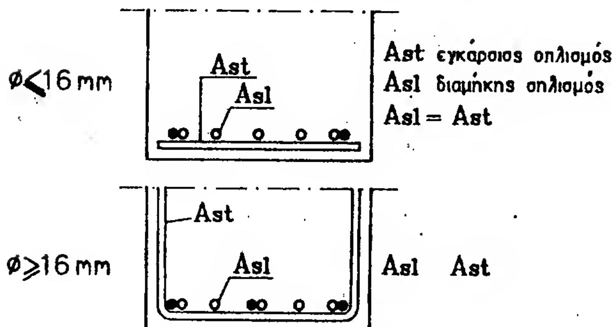
Η ολίσθηση στα άκρα της αρμοκλείδας υπό το φορτίο λειτουργίας επιτρέπεται να είναι το πολύ 0,1 mm.

Η διατομή του πυρήνα λαμβάνεται στον υπολογισμό πλήρης για σπειρώματα με εξέλαση, ενώ για σπειρώματα με κοπή μόνο με το 80%.

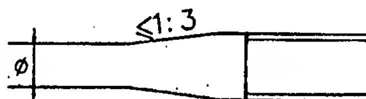
Για επαναλαμβανόμενη φόρτιση απαιτείται πειραματική απόδειξη της αποτελεσματικότητας της σύνδεσης.



Σχήμα Σ 17.5
Διατάξεις του Πίνακα 17.4



Σχήμα Σ 17.6
Διατάξεις του Πίνακα 17.4

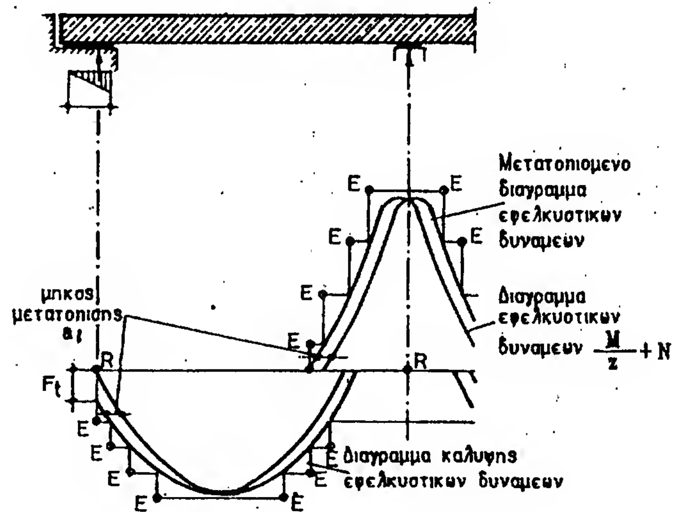


Σχήμα Σ 17.7
Διογκωμένο άκρο ράβδου με σπείρωμα

17.7.4 Συγκολλητές ενώσεις

Με συγκόλληση επιτρέπεται να ενωθούν όλες οι ράβδοι σε μια διατομή του δομικού στοιχείου.

Οι συγκολλητές ενώσεις πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τους κανονισμούς συγκολλήσεων και τα τεύχη έγκρισης των χαλύβων.



Σχήμα Σ 17.8
Κάλυψη του διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων

17.8 ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

17.8.1 Γενικά

Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να τοποθετούνται έτσι, ώστε σε κάθε διατομή να καλύπτεται το μετατοπισμένο διάγραμμα των εφελκυστικών δυνάμεων (παρ. 17.8.2).

Σε πλακοδοκούς και κοίλες διατομές τοποθετούνται μέσα στην πλάκα σε ένα πλάτος το πολύ ίσο με το μισό συνεργαζόμενο πλάτος (παρ. 8.4). Πρέπει να μένει αρκετό ποσοστό στον κορμό για περιορισμό της ρηγμάτωσης.

17.8.2 Κανόνας μετατόπισης

Η περιβάλλουσα των εφελκυστικών δυνάμεων προκύπτει από οριζόντια μετατόπιση κατά a_l της καμπύλης $F_t = (M/z) + N$ (η τιμή του a_l ορίζεται στην παρ. 11.2.4).

17.8.3 Αγκυρώσεις εκτός στηρίξεων

Το μήκος αγκύρωσης οπλισμού ευθύγραμμου ή κεκαμμένου που δεν χρησιμοποιείται ως οπλισμός διάτμησης, μετριέται από το θεωρητικό άκρο Ε (Σχήμα Σ 17.8) και είναι ίσο με αl_b (τιμές του α από Σχήμα 17.1, τιμή του l_b από εξίσωση (17.1)).

Σε πλάκες με κλιμακούμενους οπλισμούς μέγιστης διαμέτρου $\Phi < 16$mm το μήκος αγκύρωσης από το άκρο Ε επιτρέπεται να ληφθεί ίσο με $l_{b,net}$ (εξ.17.2), όχι όμως μικρότερο από το μήκος αl_b που μετριέται από την θεωρητική αρχή Α (Σχήμα Σ 17.9).

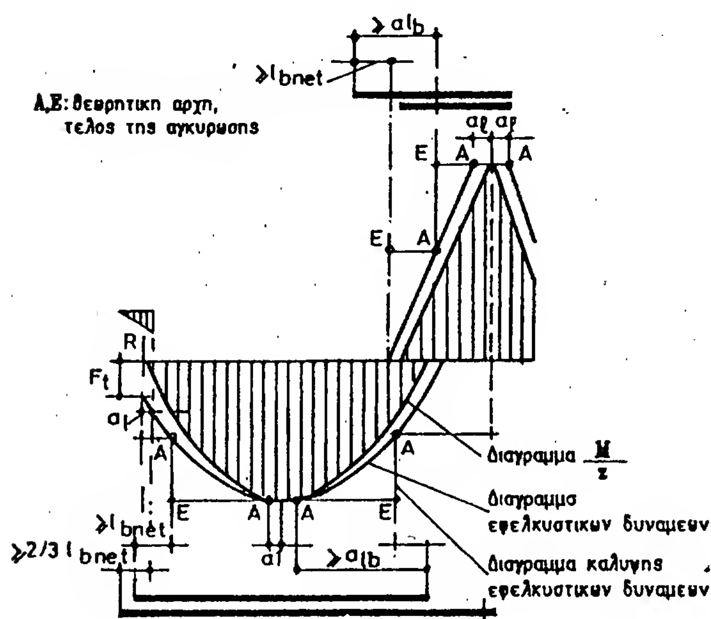
Τα μήκη αγκύρωσης εφελκυομένων ράβδων που κάμπτονται για να παραλάβουν και τέμνουσες, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσα με $1{,}3 l_{b,net}$ στις εφελκυόμενες ζώνες και $0{,}7 l_{b,net}$ στις θλιβόμενες ζώνες ($l_{b,net}$ = μήκος αγκύρωσης σύμφωνα με την παρ. 17.6.3).

17.8.4. Αγκύρωση σε ακραίες στηρίξεις

Ι. Για δοκούς χωρίς απαιτήσεις αντισεισμικότητας και για πλάκες:

α) Η αγκύρωση των οπλισμών στις ακραίες στηρίξεις πρέπει να μπορεί να αναλάβει εφελκυστική δύναμη ίση με:

$$F_t = V_{Sd} \cdot a_l/d + N \nless 0{,}5 \cdot V_{Sd} \quad (17.5)$$



Σχήμα Σ 17.9
Παράδειγμα κλιμακούμενου οπλισμού σε πλάκες με οπλισμούς Φ < 16mm

β) – Το μήκος αγκύρωσης για άμεση στήριξη μετριέται απ' τη γραμμή επαφής με τη στήριξη και είναι ίσο με $2/3\ l_{b,net}$.

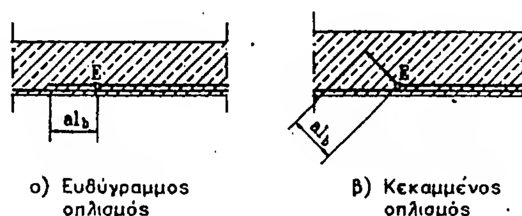
– Το μήκος αγκύρωσης για έμμεση στήριξη μετριέται από ένα επίπεδο μέσα στην στήριξη το οποίο απέχει απ' το σημείο τομής των δύο στοιχείων απόσταση ίση με το 1/3 του πλάτους στήριξης και είναι ίσο με $l_{b,net}$.

– Σε όλες τις περιπτώσεις το άκρον της αγκύρωσης πρέπει να φτάνει τουλάχιστον μέχρι το σημείο της θεωρητικής στήριξης.

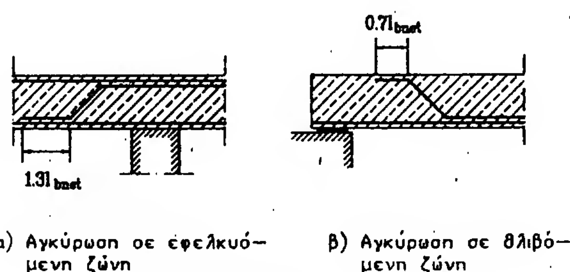
II. για δοκούς με απαιτήσεις αντισεισμικότητας, σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 18.3.5.

17.8.5 Αγκύρωση σε ενδιάμεσες στηρίξεις

Όταν σύμφωνα με τις διατάξεις του Κεφ.18 ορισμένοι οπλισμοί προεκτείνονται σε ενδιάμεσες στηρίξεις ή σε ακραίες στηρίξεις που συνεχίζονται σε πρόβολο η διαμόρφωση της αγκύρωσης γίνεται ως εξής:



Σχήμα Σ 17.10
Παράδειγμα αγκύρωσης κλιμακούμενων οπλισμών, οι οποίοι δεν χρησιμοποιούνται ως οπλισμοί διάτμησης



Σχήμα Σ 17.11
Παράδειγμα αγκύρωσης απλιαμών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως οπλιαμοί διάτμησης

I. Για δοκούς χωρίς απαιτήσεις αντισεισμικότητας και για πλάκες, το μήκος αγκύρωσης μετριέται από την παρειά της στήριξης και ισούται με 10 Φ (ευθύγραμμη αγκύρωση) ή D (καμπύλη αγκύρωση).

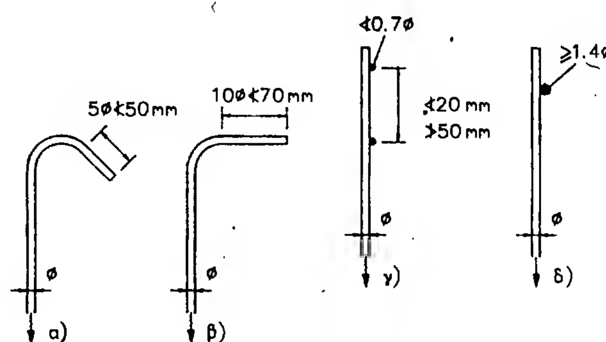
II. για δοκούς με απαιτήσεις αντισεισμικότητας σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 18.3.5.

17.9 ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

Οι οπλισμοί διάτμησης μπορούν να αποτελούνται από:
- κατακόρυφους ή κεκλιμένους συνδετήρες (παρ. 17.9.1).
- κεκλιμένες ράβδους (παρ. 17.9.2).
- από συνδυασμό των παραπάνω.

17.9.1 Αγκυρώσεις συνδετήρων

Η αγκύρωση των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.3.

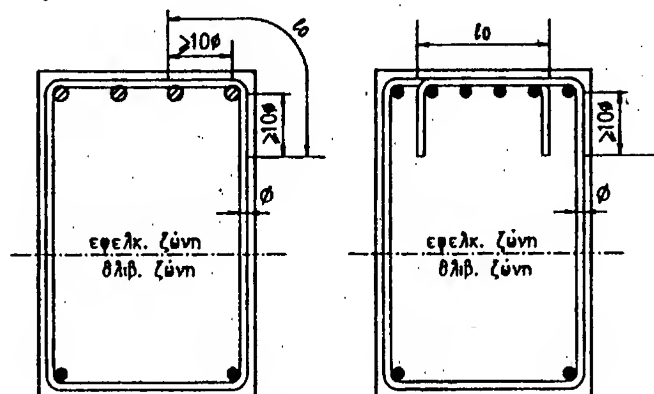


Σχήμα 17.3
Διατάξεις αγκυρώσεων συνδετήρων

Ορθογωνικά άγκιστρα του Σχήματος 17.3 β) επιτρέπονται σε νευροχάλυβες.

Διατάξεις του Σχήματος 17.3 γ) και δ) επιτρέπονται μόνο όταν δεν προκαλείται διάρρηξη ή αποκόλληση του σκυροδέματος επικάλυψης. Αυτό θεωρείται ότι ικανοποιείται αν η επικάλυψη των συνδετήρων στην περιοχή αγκύρωσης είναι τουλάχιστον 50mm.

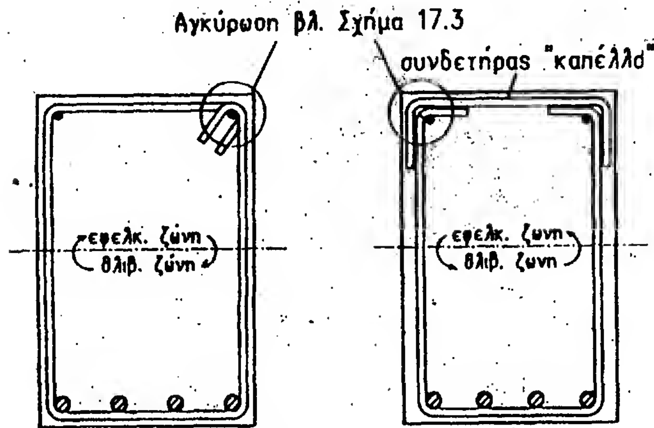
Το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται, στην μεν εφελκυόμενη ζώνη σύμφωνα με το Σχήμα 17.4, στην δε θλιβόμενη ζώνη σύμφωνα με το Σχήμα 17.5. Σε πλακοδοκούς επιτρέπεται να γίνεται με συνεχείς εγκάρσιες ράβδους σύμφωνα το Σχήμα 17.6.



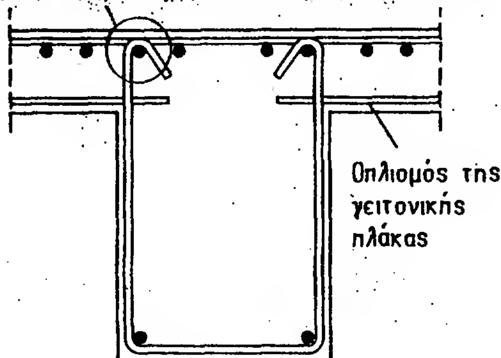
Σχήμα 17.4
Κλείσιμο συνδετήρων στην εφελκυόμενη ζώνη

17.9.2 Αγκυρώσεις κεκλιμένων ράβδων

Για την αγκύρωση των κεκλιμένων ράβδων ισχύει η τελευταία παράγραφος της παρ. 17.8.3. Οι κεκλιμένες ράβδοι πρέπει να κατανέμονται ομοιόμορφα στην εγκάρσια διεύθυνση.



Σχήμα 17.5
Κλείσιμο συνδετήρων στην θλιβόμενη ζώνη



Σχήμα 17.6
Κλείσιμο συνδετήρων σε πλακοδοκούς στην περιοχή της πλάκας (επιτρέπεται και στην εφελκυόμενη και στην θλιβόμενη ζώνη)

17.10 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

17.10.1 Ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων

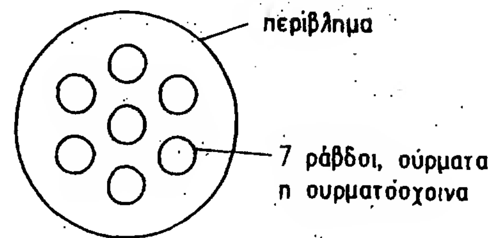
Η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση συνήθων χαλύβων και χαλύβων προέντασης επιτρέπεται σύμφωνα με την παρ. 17.2.2.

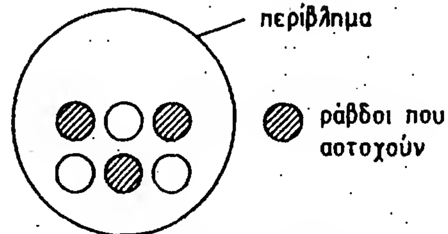
17.10.2 Διάταξη τενόντων προέντασης

17.10.2.1 Ελάχιστος αριθμός τενόντων προέντασης

α) Ο ελάχιστος επιτρεπόμενος αριθμός των τενόντων στην προθλιβόμενη εφελκυόμενη ζώνη φερόντων προεντεταμένων στοιχείων είναι τρεις (3). Για τένοντες από δέσμες, ο αριθμός αυτός είναι ένας (1) υπό την προϋπόθεση ότι οι ράβδοι, τα σύρματα ή τα συρματόσχοινα της δέσμης είναι τουλάχιστον επτά (7).
Οι τιμές αυτές ισχύουν όταν οι διάμετροι των ράβων ή συρμάτων είναι ίδιες. Όταν οι διάμετροι είναι διαφορετικές ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με τα παρακάτω.

β) Αν ο αριθμός των τενόντων ή ο συνολικός αριθμός των ράβδων, συρμάτων ή συρματόσχοινων της δέσμης είναι μικρότερος του 3 ή 7, αντιστοίχως, τότε πρέπει να ελέγχεται (λαμβάνοντας $\gamma_f = 1,0$ και $\gamma_m = 1,0$) ότι η ασφάλεια έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας εξασφαλίζεται ακόμη και όταν ένας τένοντας ή τρεις ράβδοι, σύρματα ή συρματόσχοινα μιας δέσμης αστοχήσουν. Για τον έλεγχο αυτό μπορούν να ληφθούν υπόψη ανακατανομές, λόγω μεταβολής της στατικού συστήματος εξ αιτίας εγκάρσιας μεταβίβασης σε συνεργαζόμενα γειτονικά στοιχεία, ή εξ αιτίας του υπάρχοντος οπλισμού σιδηροπαγούς σκυροδέματος. Για τένοντες ή σύρματα διαφορετικής διαμέτρου πρέπει να θεωρείται ότι αστοχούν εκείνα με την μεγαλύτερη διατομή.





17.10.2.2 Μέγιστη δύναμη προέντασης τενόντων

Η μέγιστη δύναμη προέντασης των τενόντων πρέπει να συσχετίζεται με το μέσο πλάτος του στοιχείου το οποίο διασχίζουν και στο οποίο αγκυρώνονται.

17.10.2.3 Οριζόντιες και κατακόρυφες ελεύθερες αποστάσεις μεταξύ τενόντων

17.10.2.3.α Προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Ο σχηματισμός ομάδων (δέσμης) σωλήνων πρέπει γενικώς να αποφεύγεται.

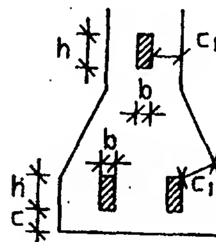
17.10.2.3β Προένταση πριν απ' την διάστρωση του σκυροδέματος

Οι προεντεταμένοι τένοντες πρέπει να τοποθετούνται πάντοτε χωριστά. Οι ελάχιστες οριζόντιες και κατακόρυφες αποστάσεις για τένοντες δίνονται στον Πίνακα 17.5.

17.10.2.4 Επικάλυψη

17.10.2.4α Προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Το ελάχιστο πάχος σκυροδέματος μεταξύ μιας εξωτερικής παρειάς και ενός σωλήνα ή μιας δέσμης σωλήνων θα πρέπει αφ' ενός μεν να είναι τουλάχιστον ίσο με τις ονομαστικές τιμές που δίνονται στην παρ. 5.1, αφ' ετέρου δε να μην είναι μικρότερο απ' τις τιμές του Σχήματος 17.7.



Σχήμα 17.7
Επικαλύψεις στην περίπτωση προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

17.10.2.4β Προένταση πριν απ' τη διάστρωση του σκυροδέματος

Η ελάχιστη επικάλυψη πρέπει να συμφωνεί με την παρ. 5.1, αλλά δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 20 mm ή 2Φ.

Διάταξη τενόντων		Ελάχιστη ελεύθερη απόσταση (η μέγιστη από τις παρακάτω αναφερόμενες τιμές)	
		οριζόντια ch	κατακόρυφη cv
σωλήνες		Φ, $\nless$ 40 mm	Φ, $\nless$ 50 mm
		1,2Φ, $\nless$ 40 mm	1,5Φ, $\nless$ 50 mm
ράβδοι ή σύρματα		d_g + 5 mm, $\nless$ Φ, $\nless$ 20 mm	d_g; $\nless$ Φ, $\nless$ 10 mm
		d_g + 5 mm, $\nless$ 1,5 Φ, $\nless$ 25 mm	d_g + 5 mm, $\nless$ 1,5 Φ, $\nless$ 10 mm
		d_g + 5 mm, $\nless$ 2Φ, $\nless$ 30 mm	d_g + 5 mm, $\nless$ 2 Φ, $\nless$ 30 mm
dg = μέγιστη διάσταση αδρανών, φ=εξωτερική διάμετρος σωλήνων, ράβδων ή συρμάτων			

Πίνακας 17.5
Ελάχιστες ελεύθερες αποστάσεις

17.10.2.5 Επιτρεπόμενες ακτίνες καμπυλότητας

Οι καμπυλότητες θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε οι αναπτυσσόμενες κατά την προένταση δυνάμεις εκτροπής να μη προκαλούν θραύση λόγω σύνθλιψης ή διάρρηξη του σκυροδέματος.

17.10.3 Αγκύρωση τενόντων προέντασης

Οι διατάξεις αγκύρωσης, σε περίπτωση τενόντων που προεντείνονται μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος, ή το μήκος αγκύρωσης, σε περίπτωση που προεντείνονται πριν απ' την έγχυση του σκυροδέματος, πρέπει να εξασφαλίζουν την ανάπτυξη ολόκληρης της αντοχής σχεδιασμού των τενόντων.

Ο έλεγχος των τοπικών θλιπτικών φαινομένων στο σκυρόδεμα και ο υπολογισμός του αντίστοιχου κατάλληλου οπλισμού πρέπει να γίνονται με βάση κατάλληλες μεθόδους των οποίων η αξιοπιστία πρέπει να αποδεικνύεται με αναφορά σε πειραματικά αποτελέσματα.

Αν χρησιμοποιούνται αρμοκλείδες πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες αντοχές σε όλες τις διατομές και να μπορούν να πραγματοποιούνται επιτυχώς οι αγκυρώσεις που καθορίζονται πιο πάνω.

17.11 ΚΑΝΟΝΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥΣ ΣΥΡΡΑΦΗΣ ΣΕ ΑΡΜΟΥΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ

Οι εσωτερικές επίπεδες επιφάνειες του σκυροδέματος που καταπονούνται από διατμητικές δυνάμεις και για τις οποίες δεν προβλέπονται ειδικοί έλεγχοι, πρέπει να διασχίζονται από κατάλληλους οπλισμούς οι οποίοι να αγκυρώνονται και στις δύο πλευρές αυτών των επιφανειών. Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να σχηματίζουν με τα επίπεδα αυτά γωνία 45°-90° και να είναι κεκλιμένοι αντίθετα απ' την διεύθυνση των ρωγμών.

Στα επίπεδα αυτά η τιμή της δύναμης ολίσθησης σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους πρέπει να επαληθεύει την σχέση:

$$v_{Sd} \leq \frac{A_s}{s} f_{yd}(1 + \text{cota})\text{sina} \qquad (17.6)$$

όπου:

- A_s = το άθροισμα των διατομών των οπλισμών που σχηματίζουν στρώση οπλισμού συρραφής.
- s = η απόσταση μεταξύ των οπλισμών συρραφής, μετρούμενη παράλληλα προς την υπόψη επίπεδη επιφάνεια.
- f_{yd} = η αντοχή σχεδιασμού του οπλισμού συρραφής.
- α = η γωνία του οπλισμού με την υπόψη επίπεδη επιφάνεια.

18. ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι κανόνες του Κεφαλαίου αυτού ισχύουν και για το ωπλισμένο και για το προεντεταμένο σκυρόδεμα, εκτός αν αναφέρεται αλλιώς.

18.1 ΠΛΑΚΕΣ

18.1.1 Είδη πλακών

Η παράγραφος αυτή ισχύει για συμπαγείς ορθογωνικές πλάκες που διαστρώνονται επί τόπου, οι οποίες ικανοποιούν τις συνθήκες της παρ. 7.2.1.2.α και για τις οποίες είναι: $b > 5h$ (b = μικρότερο άνοιγμα, h = πάχος πλάκας). Οι διατάξεις αυτές μπορούν να εφαρμόζονται ανάλογα για πλάκες μη ορθογωνικής μορφής (π.χ. λοξές ή κυκλικές πλάκες) με γραμμική έδραση.

Οι πλάκες διακρίνονται ανάλογα με τη στατική τους λειτουργία σε διέρειστες ή τετραέρειστες.

Οι διέρειστες πλάκες αναλαμβάνουν το φορτίο τους κυρίως κατά μία διεύθυνση (διεύθυνση οπλισμού αντοχής). Απαραίτητος θεωρείται ο ελάχιστος δευτερεύων (εγκάρσιος οπλισμός).

Στις τετραέρειστες πλάκες λαμβάνονται υπόψη η στατική λειτουργία και των δύο διευθύνσεων.

18.1.2 Έδραση πλακών

Τα ελάχιστα πλάτη έδρασης πρέπει να είναι:

α) για στήριξη πάνω σε δομικά στοιχεία από τοιχοποιία ή σκυρόδεμα 100mm
β) για στήριξη πάνω σε δομικά στοιχεία από χάλυβα 70mm

18.1.3 Ελάχιστα πάχη πλακών

Το πάχος της πλάκας πρέπει να είναι τουλάχιστον:

α) γενικά 70mm
β) για πλάκες κυκλοφορίας επιβατικών αυτοκινήτων 100mm
γ) για πλάκες κυκλοφορίας βαρυτέρων οχημάτων 120mm
δ) για πλάκες μόνο κατ' εξαίρεση βατές, όπως για εργασίες συντήρησης ή καθαρισμού (π.χ. ορισμένες πλάκες στεγών) 50mm

18.1.4 Εντατικά μεγέθη πλακών

Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών πλακών, οποιασδήποτε μορφής και είδους στήριξης, ισχύουν οι βάσεις υπολογισμού των εντατικών μεγεθών.

Προσεγγιστικές μέθοδοι επιτρέπονται όταν βρίσκονται προς την πλευρά της ασφαλείας.

Για ορθογωνικές τετραέρειστες πλάκες επιτρέπεται να εκτελείται υπολογισμός κατά προσέγγιση, με την παραδοχή διασταυρούμενων λωρίδων πλάκας με κοινό μέγιστο βέλος κάμψης. Οι υπολογιζόμενες ροπές ανοίγματος σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, πρέπει να αυξάνονται κατάλληλα όταν:

α) οι γωνίες δεν εξασφαλίζονται έναντι ανυψώσεως,
β) δεν διατάσσεται οπλισμός συστροφής σε γωνίες όπου συναντώνται δύο πλευρές στήριξης ελεύθερα στρεπτές,
γ) υπάρχουν οπές στις γωνίες, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη δυστρεψία.

Συνεχείς τετραέρειστες πλάκες με λόγο θεωρητικών ανοιγμάτων minl/maxl κατά μια διεύθυνση συνέχειας όχι μικρότερο από 0,75 επιτρέπεται για τον υπολογισμό των ροπών στήριξης να θεωρούνται ως πλήρως πακτωμένες στις στηρίξεις. Οι μέγιστες και οι ελάχιστες ροπές ανοίγματος επιτρέπεται να υπολογίζονται με τη θεώρηση πλήρους πάκτωσης για την καθολική φόρτιση p.

$$p = 1{,}35g \qquad (18.1)$$

και ελεύθερα στρεπτής έδρασης στις στηρίξεις για φόρτιση p με διάταξη ζατρικίου

$$p = 1{,}5q \qquad (18.2)$$

όπου g, q το μόνιμο και το κινητό φορτίο της πλάκας, αντίστοιχα.

Οι αντιδράσεις τετραερείστων ομοιόμορφα φορτισμένων πλακών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των δράσεων σχεδιασμού των δοκών, επιτρέπεται να υπολογίζονται απο τις επιφάνειες φόρτισης που προκύπτουν από γεωμετρικό μερισμό της επιφάνειας της κάτοψης.

Στηρίξεις που δεν ελήφθησαν υπόψη στον υπολογισμό της πλάκας πρέπει να συμμετέχουν στη διανομή των φορτίων της πλάκας.

18.1.5 Οπλισμός κάμψης πλακών

18.1.5.1 Γενικά

Ο οπλισμός κάμψης είναι αυτός που παραλαμβάνει τα μεγέθη ορθής έντασης, M και N.

Το εμβαδόν των διατομών του κύριου οπλισμού πρέπει να είναι μεγαλύτερο από:

- 0,0015 bd για S400, S500, χάλυβες προεντάσεως (18.3)
- 0,0025 bd για S220 (18.4)

Το εμβαδόν του δευτερεύοντος οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστο ίσο προς το 20% του εμβαδού του κύριου οπλισμού και τουλάχιστον:

- για S220, S400: 4Φ 8 / m
- για S500: 4 Φ 4 / m

Σε τετραέρειστες πλάκες και όταν δεν ελέγχεται με ακρίβεια η κάλυψη των ροπών, επιτρέπεται ο οπλισμός των ανοιγμάτων να μειώνεται στο μισό στις ακραίες λωρίδες πλάτους c = 0,2 minl.

Η απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν πρέπει να ξεπερνά τις ακόλουθες τιμές:

- για τον κύριο οπλισμό:
1.2 d ≯ 200 mm γενικό,
και ≯ 120 mm για πάχος πλάκας μέχρι 120 mm

- για τον δευτερεύοντα οπλισμό:
250 mm

Στις ακραίες στηρίξεις πλακών στις οποίες δεν ελήφθη υπόψη ενδεχόμενη μερική πάκτωση της πλάκας, πρέπει να προβλεφθεί ένας άνω οπλισμός ίσος με το ¼ του οπλισμού ανοίγματος. Ο οπλισμός αυτός πρέπει να εκτείνεται πέρα απ' την παρειά του στηρίγματος, σε απόσταση τουλάχιστον ίση με 0,2 φορές το μήκος του ανοίγματος.

Ένα ποσοστό του μέγιστου οπλισμού ανοίγματος πρέπει να συνεχίζεται και στις στηρίξεις, ως ακολούθως:

α) Σε πλάκες χωρίς οπλισμό διάτμησης
- το ½ στις ακραίες στηρίξεις,
- το ¼ στις ενδιάμεσες στηρίξεις.

β) Σε πλάκες με οπλισμό διάτμησης
- το ¼.

Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να αγκυρώνονται κατάλληλα (βλ. παρ. 17.8.4 και 17.8.5).

Ο διαμήκης κύριος οπλισμός που προκύπτει λόγω συγκεντρωμένων ή τμηματικών συνεχών φορτίων πρέπει να κατανέμεται σε πλάτος (βλ. παρ.9.1.6)

$$s_y = 0{,}5b_m \nless t_y$$

Αν δεν γίνεται ακριβέστερος έλεγχος, κάτω από τα προηγούμενα φορτία πρέπει να διατάσσεται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός, ίσος τουλάχιστον με το 50% του οπλισμού που προέκυψε από το υπόψη φορτίο.

Σε προβόλους με συγκεντρωμένα φορτία πρέπει να διατάσσεται στην κάτω πλευρά εγκάρσιος οπλισμός ίσος με το 50% του οπλισμού που απαιτείται για την ανάληψη της ροπής στήριξης, η οποία προκαλείται από το υπόψη φορτίο.

Ο πρόσθετος αυτός οπλισμός πρέπει να κατανέμεται σε πλάτος ίσο με το μισό του πλάτους διανομής b_m του συγκεντρωμένου φορτίου, αλλά όχι μικρότερο του πλάτους εισαγωγής του συγκεντρωμένου φορτίου στο μέσο επίπεδο της πλάκας κατά τη διεύθυνση του κύριου οπλισμού, t_y. Οι ράβδοι του πρόσθετου εγκάρσιου οπλισμού πρέπει να αγκυρώνονται πέρα από το πλάτος διανομής b_m του συγκεντρωμένου φορτίου.

Όταν ο κύριος οπλισμός είναι παράλληλος σε στήριξη που δεν έχει ληφθεί υπ' όψη στον υπολογισμό της πλάκας, οι εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται πάνω σ' αυτή τη στήριξη πρέπει να αναλαμβάνονται από αντίστοιχο άνω οπλισμό, ίσο τουλάχιστο με το 50% του κύριου οπλισμού της πλάκας και τουλάχιστον:

για S220 : 5 Φ 8/m
για S400 : 5 Φ 8/m
για S500 : 5 Φ 6/m

Ο οπλισμός αυτός πρέπει να φθάνει σε απόσταση από την παρειά στήριξης ίση με το τέταρτο του ανοίγματος υπολογισμού της πλάκας.

18.1.5.2 Οπλισμοί γωνιών πλακών

Σε περίπτωση που παρεμποδίζεται η ανύψωση της γωνίας μιας πλάκας της οποίας οι δύο πλευρές εδράζονται απλά, και εφόσον αυτό δεν έχει ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό, πρέπει γενικά να προβλέπεται ένας οπλισμός τουλάχιστον ίσος με το μισό του οπλισμού του ανοίγματος στην άνω και κάτω επιφάνεια.

α) κατά τις κύριες διευθύνσεις των εφελκυστικών τάσεων ή
β) με ορθογωνικό πλέγμα παράλληλο στις πλευρές

Αν στην γωνία η μια πλευρά εδράζεται απλά ενώ η άλλη είναι πακτωμένη, ο οπλισμός αυτός θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με το ¼ του οπλισμού ανοίγματος.

Οι οπλισμοί αυτοί των γωνιών θα πρέπει να εκτείνονται πέρα απ' την παρειά της στήριξης σε μήκος τουλάχιστον ίσο με 0,2 φορές το μήκος του μικρότερου ανοίγματος.

18.1.6 Οπλισμός διάτμησης και διάτρησης πλακών

18.1.6.1 Γενικά περί οπλισμού διάτμησης

Οι οπλισμοί διάτμησης πλακών, εφόσον απαιτούνται (βλ. παρ. 11.1.1), μπορούν να αποτελούνται από κλειστούς ή ανοικτούς συνδετήρες και/ή λοξές ράβδους.

Οι ράβδοι που κάμπτονται προς τα πάνω πρέπει να προέρχονται απ' τους οπλισμούς καμψης. Γενικά, η γωνία κλίσης των ράβδων αυτών ως προς την οριζόντια δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη των 45°. Εάν όμως προβλέπονται μόνο μια σειρά κεκαμμένων ράβδων (για κάθε κατεύθυνση) η γωνία κλίσης μπορεί να μειωθεί μέχρι 30°.

Η απόσταση s μεταξύ των διαφόρων σειρών του οπλισμού διάτμησης, πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$s \leq 0{,}6d\,(1 + \cot a) \qquad (18.5)$$

Η απόσταση μεταξύ της παρειάς μιας στήριξης ή της περιμέτρου μιας φορτιζόμενης επιφάνειας και της πλησιέστερης σειράς του οπλισμού διάτμησης δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του d/2.

Η απόσταση αυτή θα μετριέται:
- για συνδετήρες, στο μέσο επίπεδο της πλάκας,
- για λοξές ράβδους, στο επίπεδο του «πάνω» οπλισμού κάμψης.

18.1.6.2 Γραμμικές στηρίξεις πλακών

Στις γραμμικές στηρίξεις των πλακών απαιτείται οπλισμός διάτμησης όταν δεν ικανοποιείται η εξίσωση (11.1). Γι' αυτόν τον οπλισμό απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό (παρ. 11.1 και παρ. 18.3.4).

Όταν τοποθετούνται συνδετήρες ίσοι με το ελάχιστον ποσοστό οπλισμού πρέπει να περιβάλλουν τουλάχιστον το μισό των ράβδων του εξωτερικού εφελκυόμενου οπλισμού και δεν απαιτείται να περιβάλλουν τους οπλισμούς της θλιβόμενης ζώνης.

Η παράλληλη προς τη στήριξη απόσταση των σκελών οπλισμού διάτμησης σε μία διατομή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,5d ή τα 800mm.

Ο οπλισμός διάτμησης μπορεί να αποτελείται μόνο από λοξές ράβδους αν:

$V_{Sd} < V_{Rd2}/3$

Εάν όχι, τότε μόνο συνδετήρες πρέπει να ικανοποιούν την απαίτηση ελάχιστου οπλισμού (Βλέπε εξ. (11.8)).

18.1.6.3 Οπλισμός διάτρησης πλακών

Ως οπλισμός διάτρησης (παρ. 13.4.2) μπορούν να ληφθούν υπόψη

α) σε περίπτωση συνδετήρων, εκείνοι οι συνδετήρες που περιλαμβάνονται σε μια ζώνη η οποία εκτείνεται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 1,5d ή 800mm απ' την φορτιζόμενη επιφάνεια. Η συνθήκη (18.5) θα πρέπει να ικανοποιείται για όλες τις διευθύνσεις.
Τα κατακόρυφα μέλη των συνδετήρων θα ξεκινούν από απόσταση το πολύ 05, d από την φορτιζόμενη επιφάνεια, θα απέχουν μεταξύ τους το πολύ 0.75 d και θα περιβάλλουν τουλάχιστον ανά μία στρώση, τους άνω και κάτω οπλισμούς κάμψης. Οι συνδετήρες μπορούν να τοποθετηθούν σε κύκλο ή ορθογώνιο γύρω από το υποστύλωμα.

β) σε περίπτωση λοξών ράβδων εκείνες μόνο που διατέμνουν την επιφάνεια, η οποία βρίσκεται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 2d ή 800mm από την φορτιζόμενη επιφάνεια.

Για να περιορισθεί η πιθανότητα αλυσωτής κατάρρευσης, που θα μπορούσε να ξεκινήσει από μια τοπική αστοχία σε διάτρηση, συνιστάται να προβλέπεται στην πλάκα κάτω διαμήκης οπλισμός, ο οποίος να διέρχεται από τις διεπιφάνειες πλάκας υποστυλώματος και να έχει καλή αγκύρωση εκατέρωθεν.

18.1.6.4 Ελεύθερα άκρα πλακών

Κατά μήκος ενός ελεύθερου άκρου μια πλάκα πρέπει να περιέχει

- διαμήκη οπλισμό από δύο τουλάχιστον ράβδους, την μια στην «πάνω» ακμή και την άλλη στην «κάτω» ακμή. Το ελάχιστο εμβαδόν αυτού του οπλισμού είναι 0,005 h^2 για S220 και 0,0025 h^2 για S400 και S500 τουλάχιστον όμως 2 Φ 8.
- εγκάρσιο οπλισμό κάθετο προς τον προηγούμενο και του οποίου τα ελεύθερα σκέλη έχουν μήκος τουλάχιστον 2h. Ο ελάχιστος εγκάρσιος οπλισμός είναι ανά μέτρο 4 Φ 8 για S220 και S400 και 4 Φ 4 για S500.

18.2 ΠΛΑΚΕΣ ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ

18.2.1 Ορισμός και πεδίο εφαρμογής

Οι πλάκες με νευρώσεις συντίθενται από πλακοδοχούς με ελεύθερη απόσταση νευρώσεων το πολύ 750mm.

Γενικώς δεν απαιτείται έλεγχος της πλάκας.

Επιτρέπεται η εφαρμογή τους για αντιπροσωπευτικές τιμές ωφέλιμων φορτίων $q_k \leq 5$ kN/m².

Δεν επιτρέπεται η εφαρμογή τους για πλάκες, πάνω στις οποίες κυκλοφορούν οχήματα βαρύτερα από τα επιβατικά αυτοκίνητα.

18.2.2 Διέρειστες πλάκες με νευρώσεις

18.2.2.1 Πλάκα

Το πάχος της πλάκας πρέπει να είναι τουλάχιστον το 1/10 της ελεύθερης απόστασης των νευρώσεων ή 50mm.

Πρέπει να οπλίζεται με σταυροειδή οπλισμό, με διατομή σε κάθε διεύθυνση τουλάχιστον, ίση με το 0,001 της διατομής της πλάκας.

18.2.2.2 Διαμήκεις νευρώσεις

Οι νευρώσεις πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 70mm και ελεύθερο ύψος όχι μεγαλύτερο του τετραπλάσιου του πλάτους. Εφόσον για την ανάληψη αρνητικών ροπών διαπλατύνονται κάτω, η αύξηση του πλάτους της νεύρωσης b_w επιτρέπεται να τίθεται στον υπολογισμό με κλίση το πολύ 1:3.

Ο διαμήκης οπλισμός πρέπει να διανέμεται στις επιμέρους νευρώσεις όσο το δυνατό ομοιόμορφα. Στη στήριξη μπορεί να κάμπτεται λοξά κάθε δεύτερη ράβδος οπλισμού, εφόσον σε κάθε νεύρωση υπάρχουν 2 ράβδοι τουλάχιστον.

Στις εσωτερικές στηρίξεις συνεχών πλακών με νευρώσεις επιτρέπεται να λαμβάνεται στον υπολογισμό ως θλιβόμενος οπλισμός μόνο ο οπλισμός του ανοίγματος που είναι μικρότερος από το 0,01 της διατομής του σκυροδέματος. Ο θλιβόμενος οπλισμός πρέπει να εξασφαλίζεται έναντι λυγισμού, π.χ. με συνδετήρες.

Στις νευρώσεις πρέπει να διατάσσονται συνδετήρες όταν η ελεύθερη απόσταση των νευρώσεων είναι μεγαλύτερη από 400mm.

Στην περιοχή των εσωτερικών στηρίξεων συνεχών πλακών και σε πλάκες με ειδικές απαιτήσεις πυρασφάλειας πρέπει να διατάσσονται πάντοτε συνδετήρες.

Εκατέρωθεν των στηρίξεων πλακών με νευρώσεις πρέπει να κατασκευάζεται συμπαγής λωρίδα σκυροδέματος, με πλάτος ίσο προς το 10% του αντίστοιχου θεωρητικού ανοίγματος της πλάκας και ύψος ίσο προς το ύψος της νεύρωσης.

18.2.2.3 Εγκάρσιες νευρώσεις

Σε πλάκες με θεωρητικό άνοιγμα μέχρι 6m πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μια εγκάρσια νεύρωση στο μέσον.

Για θεωρητικά ανοίγματα μεγαλύτερα των 8m πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μια εγκάρσια νεύρωση ανά 10 h_o, όπου h_o είναι το πάχος της πλάκας με τη νεύρωση.

Εάν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός (π.χ. εσχάρα δοκών) ο οπλισμός των εγκαρσίων νευρώσεων θα είναι τουλάχιστον ίσος με τον οπλισμό μιας διαμήκους νεύρωσης και θα τοποθετείται και πάνω και κάτω.

Επίσης θα τοποθετούνται συνδετήρες όπως στις διαμήκεις νευρώσεις.

Το ύψος των εγκάρσιων νευρώσεων πρέπει να είναι ίδιο με το ύψος των διαμήκων.

18.2.3 Τετραέρειστες πλάκες με νευρώσεις

Εφαρμόζονται ανάλογα οι κανόνες για τις διέρειστες πλάκες. Ιδιαίτερα πρέπει να τηρούνται και κατά τις δύο διευθύνσεις οι απαιτήσεις για τις μέγιστες αποστάσεις των νευρώσεων και τις ελάχιστες διαστάσεις νευρώσεων και πλακών, κατά τις παρ. 18.2.2.1 έως παρ. 18.2.2.3.

Τα εντατικά μεγέθη (και εφόσον ισχύουν οι προϋποθέσεις της παρ. 9.1.1) προσδιορίζονται κατά την παρ. 18.1.4. Η ευμενής επίδραση των ροπών συστροφής δεν επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό.

18.3 ΔΟΚΟΙ

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων S220 ως διαμήκων οπλισμών σε δοκούς με απαιτήσεις αντισεισμικότητας.

18.3.1 Γεωμετρικά στοιχεία

Σε δοκούς με απαιτήσεις αντισεισμικότητας πρέπει:

α) το πλάτος b_w να ικανοποιεί τις συνθήκες

$$b_w < 2b_c$$

$$b_w < b_c + \frac{h_c}{2}$$

$$b_w \not< 200\text{mm}$$

β) ο λόγος ανοίγματος προς ύψος να είναι τουλάχιστον ίσος προς 4.

γ) η εκκεντρότητα της δοκού δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το ¼ του πλάτους του υποστυλώματος που τη στηρίζει στη θέση του κόμβου.

18.3.2 Διαμήκεις οπλισμοί

Σε δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκυόμενου διαμήκους οπλισμού (ρ_{min}) πρέπει να είναι:

$$\rho_{min} = \frac{1}{2}\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

Σε δοκούς με απαιτήσεις αντισεισμικότητας και σε θέσεις στις οποίες υπάρχει πιθανότητα σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων, το μέγιστο

ποσοστό εφελκυόμενου διαμήκους οπλισμού (ρ_{max}) πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη συνθήκη:

$$\rho_{max} = k\left(1 + \frac{\rho'}{\rho}\right) \not> \frac{7}{f_{yd}}$$

όπου το f_{yd} εκφράζεται σε MPa, τα ρ και ρ' είναι τα ποσοστά του εφελκυόμενου και θλιβομένου διαμήκους οπλισμού - όταν η θλιβόμενη ζώνη περιέχει και πλάκα (πλακοδοκός) τα ποσοστά οπλισμού ανήγονται σε ορθογωνική διατομή με ισοδύναμο πλάτος - και ο συντελεστής k λαμβάνεται από τον ακόλουθο πίνακα:

Ποιότητα Σκυροδέματος	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45
k	0,80	0,90	1,00	1,13	1,26	1,39	1,52	1,65

Αυτό το ποσοστό οπλισμού είναι ανηγμένο σε επιφάνεια σκυροδέματος ίση με $b_t d$, όπου b_t είναι το μέσο πλάτος του κορμού.

Για δοκούς χωρίς απαιτήσεις αντισεισμικότητας πρέπει τουλάχιστον το ¼ της διατομής του μεγαλύτερου οπλισμού του ανοίγματος να συνεχίζεται και να αγκυρώνεται κατάλληλα στις στηρίξεις στο κάτω πέλμα (Βλ. παρ. 17.8.4 και παρ. 18.8.5).

Οι παρακάτω κανόνες α έως δ ισχύουν μόνο για δοκούς με απαιτήσεις αντισεισμικότητας.

α) Στις περιοχές πιθανών πλαστικών αρθρώσεων κοντά στα άκρα (σε μήκος $2h_b$ από τις εσωτερικές παρειές στήριξης), το ποσοστό ρ' του θλιβόμενου οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του εφελκυόμενου οπλισμού στην ίδια διατομή.

β) Σε όλο το μήκος του πάνω πέλματος πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον το ¼ του μεγαλύτερου από τους οπλισμούς πάνω πέλματος των εκατέρωθεν στηρίξεων.

γ) Σε όλο το μήκος του πάνω και κάτω πέλματος απαιτούνται τουλάχιστον 2 ράβδοι διάμετρου 14mm.

δ) Σε πλακοδοκούς διατομής Τ ή Γμονολιθικά συνδεδεμένες με την πλάκα, μπορεί να συνυπολογιστούν στον οπλισμό στηρίξεων, επιπλέον των διαμήκων ράβδων που βρίσκονται μέσα στο πλάτος της δοκού, και οι ράβδοι που βρίσκονται στα τμήματα της πλάκας εκατέρωθεν της δοκού, και εντός πλάτους, από την παρειά του υποστυλώματος ή της δοκού (οποιοδήποτε βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από τον άξονα της δοκού) ίσου με:

I. σε εσωτερικά υποστυλώματα με εγκάρσιες δοκούς παρόμοιου ύψους: 4 φορές το πάχος της πλάκας.

II. σε εξωτερικά υποστυλώματα χωρίς εγκάρσιες δοκούς ή τοιχώματα: 2,5 φορές το πάχος της πλάκας,

III. σε εσωτερικά υποστυλώματα με εγκάρσιες δοκούς παρόμοιου ύφους, και εφόσον ο οπλισμός της δοκού αγκυρώνεται εκεί: 2 φορές το πάχος της πλάκας,

IV. σε εξωτερικά υποστυλώματα ή τοιχώματα χωρίς εγκάρσιες δοκούς: μηδέν.

Το συνολικό πλάτος που καθορίζεται παραπάνω δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το συνεργαζόμενο πλάτος της δοκού σύμφωνα με την παρ. 8.4.

Οι οπλισμοί αυτοί δεν περιλαμβάνονται στα ελάχιστα ποσοστά οπλισμών.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, τουλάχιστον το 75% του οπλισμού που λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο της καμπτικής αντοχής στη στήριξη, πρέπει να περνά μέσα από ή να αγκυρώνεται μέσα στο πλάτος του υποστυλώματος.

18.3.3 Κρίσιμες περιοχές δοκού

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού **με** μήκος από τις παρειές στήριξης σε υποστύλωμα **2 φορές το ύψος δοκού.**

18.3.4 Συνδετήρες

Κάθε δοκός για την οποία δεν ικανοποιούνται οι **συνθήκες** της **παρ.** 11.1.1, θα πρέπει να έχει σ' όλο το μήκος της **έναν ελάχιστο αριθμό** ανοικτών ή κλειστών συνδετήρων.

Για να εξασφαλισθεί ικανή απομένουσα αντοχή μετά την ρηγμάτωση και πριν απ' την θραύση, απαιτείται ένα **ελάχιστο ποσοστό οπλισμού** (Πιν. Σ18.1).

Λείες κυκλικές ράβδοι οπλισμού διάτμησης **δεν πρέπει να έχουν διάμετρο** μεγαλύτερη από 12mm.

Η μέγιστη απόσταση s_{max} μεταξύ διαδοχικών **οπλισμών διάτμησης** καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$0{,}8d \not> 300\text{mm} \text{ για } V_{Sd} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \qquad (18.6)$$

Σκυρόδεμα	S 220	S 400	S 500
C12 : C20	0,0016	0,0009	0,0007
C25 : C35	0,0024	0,0013	0,0011
C40 : C50	0,0030	0,0016	0,0013

Πίνακας Σ 18.1
Συνιστώμενες τιμές του $\rho_{w,min}$

$$0{,}6d \not> 300\text{mm} \text{ για } \frac{1}{5} V_{Rd2} < V_{Sd} \leq \frac{2}{3} V_{Rd2} \qquad (18.7)$$

$$0{,}3d \not> 200\text{mm} \text{ για } V_{Sd} > \frac{2}{3} V_{Rd2} \qquad (18.8)$$

Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από d ή από 400mm.

Στις κρίσιμες περιοχές δοκών με απαιτήσεις αντισεισμικότητας, οι συνδετήρες πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 8mm και αποστάσεις που δεν υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:

α) το ⅓ του ύψους της δοκού,

β) 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης διαμήκους ράβδου,

γ) 25 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων,

δ) 200mm.

Ο πρώτος από τη στήριξη συνδετήρας δεν επιτρέπεται να απέχει από την παρειά στήριξης της δοκού περισσότερο από 50mm.

Ενώσεις του διαμήκους οπλισμού με υπερκάλυψη των άκρων επιτρέπονται μόνο εκτός των κρισίμων περιοχών της δοκού. Οι αποστάσεις συνδετήρων στην περιοχή μιας τέτοιας ένωσης δεν μπορούν να υπερβαίνουν τα 150mm, το τέταρτο του ύψους της δοκού και το δεκαπλάσιο της διαμέτρου των ράβδων που ενώνονται.

18.3.5 Αγκύρωση διαμήκους οπλισμού

Δοκοί με απαιτήσεις αντισεισμικότητας πρέπει να ακολουθούν τις εξής διατάξεις αγκύρωσης του διαμήκους οπλισμού:

α) Οι ράβδοι του πάνω και κάτω πέλματος που φθάνουν έως μια ενδιάμεση στήριξη σε υποστύλωμα πρέπει να συνεχίζονται, εφόσον είναι κατασκευαστικά δυνατόν, πέρα από τη στήριξη στο επόμενο άνοιγμα.

β) Όταν δεν είναι κατασκευαστικά δυνατή η ευθύγραμμη συνέχιση των οπλισμών πελμάτων μιας δοκού πέρα από τον κόμβο στήριξης, (π.χ. σε ενδιάμεσα υποστυλώματα όπου καταλήγουν ανισουψείς δοκοί, ή σε ακραία υποστυλώματα), τότε οι ράβδοι των πελμάτων της δοκού

μπορούν να αγκυρώνονται μέσα στον κόμβο δοκού - υποστυλώματος, ως εξής:

- οι ράβδοι πρέπει να επεκτείνονται όσο γίνεται πιο κοντά στην απέναντι πλευρά του κόμβου, όπου και θα κάμπτονται κατά 90° προς το εσωτερικό του κόμβου (δηλ. οι πάνω ράβδοι προς τα κάτω και οι κάτω προς τα πάνω). Η κάμψη πρέπει να γίνεται με ελάχιστη διάμετρο τυμπάνου 5Φ,
- το μήκος αγκύρωσης, μετρούμενο από απόσταση 10Φ πέρα από το σημείο εισόδου της ράβδου στον κόμβο μέχρι το άκρο της ράβδου, πρέπει να είναι επαρκές για να αναπτύξει η ράβδος τη δύναμη διαρροής της.

Οι συνδετήρες πρέπει να περιβάλλουν το σύνολο των οπλισμών.

18.3.6 Οπλισμός σύνδεσης πελμάτων - κορμού πλακοδοκών

Απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού σύνδεσης, ο οποίος εξασφαλίζει τη σύνδεση των πελμάτων με τον κορμό μιας δοκού.

18.3.7 Οπλισμοί στρέψης

Οι διατάξεις των παρ. 18.3.2 και 18.3.4 που αναφέρονται σε δοκούς χωρίς απαίτηση αντισεισμικότητας ισχύουν για τον διαμήκη οπλισμό και τους κλειστούς συνδετήρες δοκών οι οποίες καταπονούνται σε στρέψη.

Οι αποστάσεις μεταξύ των κλειστών συνδετήρων δεν πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή $u_{ef}/8$.

Οι διαμήκεις ράβδοι πρέπει να διατάσσονται έτσι ώστε, μια τουλάχιστον ράβδος να τοποθετείται σε κάθε γωνία του συνδετήρα, οι δε υπόλοιπες να κατανέμονται ομοιόμορφα στην εσωτερική περίμετρο του συνδετήρα, κατ' αποστάσεις που δεν υπερβαίνουν τα 350mm.

18.3.8 Φορτία αναρτημένα από τα κάτω

Για φορτία αναρτημένα από τα κάτω οι διατάξεις ανάρτησης, εφόσον τερματίζουν μέσα στο σκυρόδεμα, πρέπει να αγκυρώνονται σαν αναβολείς.

Τα φορτία αυτά μπορούν επίσης να αναρτώνται με προεντεταμένες ράβδους χωρίς σύνδεση, που αγκυρώνονται στην πάνω πλευρά της δοκού.

Οι οπλισμοί ανάρτησης πρέπει να είναι ικανοί να αναλάβουν ολόκληρο το αναρτώμενο φορτίο.

18.4 ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

18.4.1 Γενικά

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων S220 ως διαμήκων οπλισμών σε υποστυλώματα.

18.4.2 Γεωμετρικά στοιχεία

Οι διαστάσεις της διατομής υποστυλωμάτων πρέπει να ακολουθούν τους εξής κανόνες:

α) ελάχιστη πλευρά υποστυλώματος τουλάχιστον 200mm,

β) σε γωνιακά υποστυλώματα ή μικρότερη πλευρά πρέπει να είναι τουλάχιστον 250mm,

γ) σε γωνιακά υποστυλώματα με διατομή μορφής Γ το κάθε σκέλος πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 200mm και μήκος τουλάχιστον 350mm.

Υδρορρόες δεν πρέπει κατά κανένα τρόπο να τοποθετούνται μέσα στο υποστύλωμα.

18.4.4 Διαμήκεις οπλισμοί

Ο ελάχιστος συνολικός αριθμός διαμήκων ράβδων είναι τέσσερις για ορθογωνικά υποστυλώματα και έξι για κυκλικά. Η διάμετρος των διαμήκων ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 12mm.

Το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,008 και 0,08. Τα παραπάνω όρια ισχύουν ακόμη και στην περιοχή των ενώσεων με υπερκάλυψη.

Το ελάχιστο ποσοστό του οπλισμού ανά πλευρά είναι 0,4% της διατομής του υποστυλώματος.

Οι διαμήκεις οπλισμοί πρέπει να συγκρατούνται από συνδετήρες και διατάσσονται κατά μήκος της περιμέτρου της διατομής έτσι ώστε η απόστασή τους να μην ξεπερνά τα 200mm. Εξαίρεση της απαίτησης αυτής επιτρέπεται σε υποστυλώματα με πλευρά 300mm όπου επιτρέπεται να τοποθετούνται ράβδοι μόνο στις γωνίες αυτής της πλευράς.

18.4.4 Εγκάρσιοι οπλισμοί (Συνδετήρες κλειστοί)

Οι διαμήκεις οπλισμοί πρέπει να συγκρατούνται από συνδετήρες.

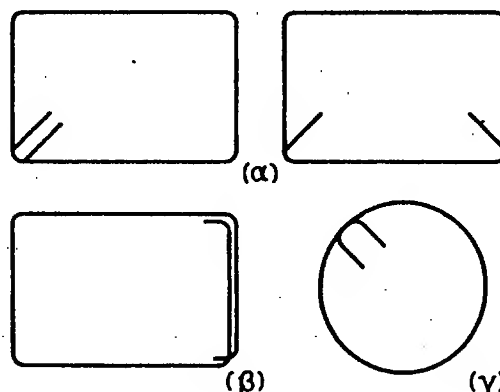
Για μεγάλα υποστυλώματα η συγκράτηση μπορεί να γίνει με την βοήθεια σιγμοειδούς οπλισμού (σύνδεσμοι), με άγκιστρα σύμφωνα με την παρ. 17.9.1.

Γενικά η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm ή από το ⅓ της μέγιστης διαμέτρου των διαμήκων ράβδων. Η μεταξύ τους απόσταση δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

- 10 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων,
- 50% της μικρότερης πλευράς,
- 125mm

Σε κυκλικά υποστυλώματα η σωστή συγκράτηση μπορεί να επιτευχθεί με την βοήθεια κυκλικών συνδετήρων ή σπειροειδούς οπλισμού, οι οποίοι περιβάλλουν τις διαμήκεις ράβδους ή δέσμες ράβδων.

Για πλευρές υποστυλωμάτων >400mm οι συνδετήρες και οι σιγμοειδείς οπλισμοί πρέπει να συγκρατούνται στην θέση τους με την βοήθεια κατακόρυφων εσωτερικών οπλισμών (μοντάζ).



Σχήμα Σ 18.23
Κλείσιμο συνδετήρων υποστυλώματος

Οι εξωτερικοί συνδετήρες ενός υποστυλώματος πρέπει να κλείνουν σύμφωνα με το Σχ.Σ 18.23.α).

Οι εσωτερικοί συνδετήρες μπορούν να κλείνουν σύμφωνα με το Σχ.Σ 18.23.β).

Οι συνδετήρες κυκλικών υποστυλωμάτων πρέπει να κλείνουν σύμφωνα με το Σχ.Σ 18.23.γ).

Στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων θα πρέπει να υφίσταται ικανοποιητικός οπλισμός περίσφιγξης.

α) Ο οπλισμός περίσφιγξης οφείλει να είναι επαρκής:
  - Για την αντιστάθμιση της απώλειας εμβαδού διατομής σκυροδέματος έξω απ' τους συνδετήρες, μετά την υπέρβαση της κρίσιμης παραμόρφωσης του μη-περισφιγμένου σκυροδέματος («αποφλοίωση»).
  - Για την πρόσδοση αρκετής ικανότητας πλαστικής στροφής της κρίσιμης περιοχής του υποστυλώματος («πλαστιμότητα»), έτσι ώστε η στροφή αυτή να είναι συμβιβαστή με την προεκτιμηθείσα στάθμη συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του δομήματος, όπως εκφράζεται απ' τον δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς που έχει προεπιλεγεί.

β) Εάν δεν διατίθεται αναλυτικότερη αιτιολόγηση στηριγμένη στη διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία, η πρόβλεψη του οπλισμού περίσφιξης θα γίνεται ως εξής:

(i) Το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό του οπλισμού περίσφιγξης

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος κλειστών συνδετήρων}}{\text{όγκος σκυροδέματος πυρήνα}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

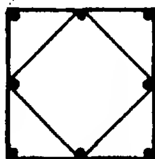
οφείλει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$\omega_{wd} = \frac{1}{\alpha}(v_d + 0,05)(0,35\frac{A_c}{A_o} + 0,15) \not< 0,15$$

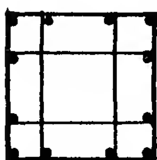
όπου:

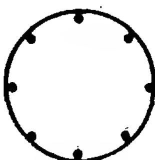
α = συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιγξης εξαρτώμενος απ' τη διάταξη των συνδετήρων, όταν $s/b_o = 1/2$.





α = 0,18 α = 0,36





α = 0,44 α = 0,56

A_c = το εμβαδόν ολόκληρης της διατομής σκυροδέματος του υποστυλώματος

A_o = το εμβαδόν της διατομής του περισφιγμένου σκυροδέματος («πυρήνας»)

$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c f_{cd}}$ ανηγμένο αξονικό φορτίο το οποίο σε κάθε περίπτωση οφείλει να πληροί την συνθήκη $v_d \not> 0,65$

N_{sd} = η τιμή σχεδιασμού του μεγίστου θλιπτικού φορτίου κατά την σεισμική δράση σχεδιασμού.

(ii) Σε κάθε περίπτωση, η απόσταση ανάμεσα στις διαδοχικές στρώσεις συνδετήρων οφείλει να είναι επαρκής για την άνετη ροή νωπού σκυροδέματος μέσα και έξω από τον κλωβό του οπλισμού. Επίσης, η διάμετρος και η κατηγορία του χάλυβα περίσφιγξης πρέπει να επιλέγεται με κριτήριο την ικανότητα μόρφωσής του στα ακριβή σχήματα που απαιτεί αυτός εδώ ο Κανονισμός.

Παραλλήλως ισχύουν και οι απαιτήσεις της παρ. 18.4.4 που καλύπτουν τον κίνδυνο λυγισμού του κυρίου οπλισμού.

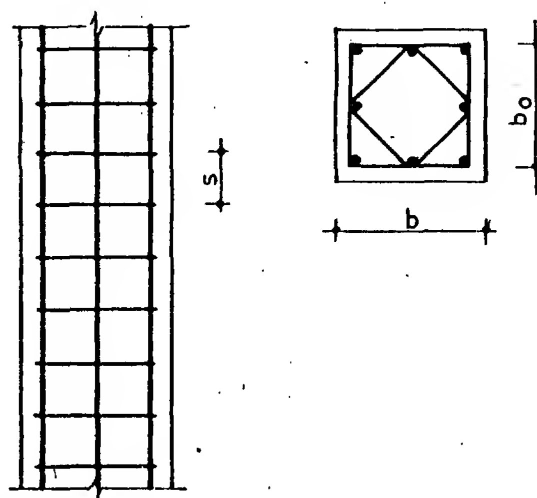
Επισημαίνεται ότι:

1) Στην περίπτωση που ο λόγος s/b_o είναι μικρότερος του 1/2, ο συντελεστής «α» μπορεί να ληφθεί ίσος με:

$$\alpha' = 1.8\,(1 - \frac{1}{2}\frac{s}{b_o})^2\alpha$$

2) Στην περίπτωση ορθογωνικών υποστυλωμάτων πρέπει ο πυρήνας τους να περισφίγγεται με περίπου τετραγωνικές ή κυκλικές διατάξεις συνδετήρων και συνδέσμων σύμφωνα με τα προηγούμενα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη περίπου περίσφιγξη ολόκληρου του πυρήνα.

Η αποδοτική περίσφιγξη αντιστοιχεί σε μία αξονοσυμμετρική τριαξονική εντατική κατάσταση $|\sigma_1| > |\sigma_2 = \sigma_3|$. Για την πραγματοποίησή της απαιτούνται δύο προϋποθέσεις: α) η διάταξη των συνδετήρων είναι όσο γίνεται πλησιέστερη προς τον κύκλο ή το τετράγωνο, έστω κι αν η διατομή του φέροντος στοιχείου είναι ορθογωνική. β) Εξάλλου, τα προς κάθε κατεύθυνση γεωμετρικά ποσοστά συνδετήρων οφείλουν να είναι ίσα ($\rho_x = \rho_y$).



Μόνο υπό αυτές τις προϋποθέσεις υπολογίζεται το ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό ω_{wd} της παρ.

β.i : $\omega_{wd} = (\rho_x + \rho_y)\frac{f_{yd}}{f_{cd}} \approx \rho_x\frac{f_{yd}}{f_{cd}} \approx \rho_y\frac{f_{yd}}{f_{cd}}$.

Αν $\rho_x = \rho_y$, στον υπολογισμό του ω_{wd} θα ληφθεί υπόψη η μικρότερη των δύο αυτών τιμών, δηλ.:

2) $$\omega_{wd} = 2\rho_{min}\frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

18.4.5 Κρίσιμες περιοχές υποστυλώματος

Ορίζονται ως κρίσιμες περιοχές υποστυλώματος:

α) Οι ακραίες περιοχές του υποστυλώματος πάνω και κάτω από τους κόμβους, σε απόσταση από την παρειά του κόμβου η οποία ισούται με το μεγαλύτερο από:
- το 1/6 του καθαρού ύψους ορόφου,
- τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής του υποστυλώματος,
- 450mm.

β) Όταν το υποστύλωμα συνδέεται με τοίχωμα με μέρος του ύψους του τότε κρίσιμο θεωρείται όλο το υπόλοιπο ύψος.

18.4.6 Αγκυρώσεις διαμήκους οπλισμού

Σε υποστυλώματα με απαιτήσεις αντισεισμικότητας η αγκύρωση ράβδων μέσα στον κόμβο με μία δοκό πρέπει να ακολουθεί τις εξής οδηγίες:

Η προς αγκύρωση ράβδος πρέπει να εκτείνεται όσο γίνεται πιο κοντά στην απέναντι πλευρά του κόμβου, όπου θα κάμπτεται κατά 90° προς το εσωτερικό του κόμβου (δηλ. οι ράβδοι της δεξιάς πλευράς του υποστυλώματος προς τα αριστερά και αυτές της αριστερής προς τα δεξιά). Το μήκος αγκύρωσης ξεκινά από απόσταση 10 Φ μετά την είσοδο της ράβδου στον κόμβο.

Σε γωνιακούς κόμβους πλαισίων οι ράβδοι του υποστυλώματος πρέπει να αγκυρώνονται με οριζόντια κάμψη μέσα στη δοκό.

Το μήκος αγκυρώσεως αρχίζει σε απόσταση από την εσωτερική παρειά του υποστυλώματος ίση με το μικρότερο από τα:
- 1/2 του ύψους της δοκού
- 10 Φ.

18.4.7 Θλιβόμενα στοιχεία με σπειροειδή οπλισμό

Για τα θλιβόμενα στοιχεία με σπειροειδή οπλισμό ισχύουν οι διατάξεις των παρ. 18.4.1 έως και 18.4.5 που συμπληρώνονται με τις παρακάτω διατάξεις:

α) Η διάμετρος της διατομής του πυρήνα δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 250mm για εργοταξιακό σκυρόδεμα.

β) Ο ελάχιστος συνολικός διαμήκης οπλισμός είναι το 0,02 και ο μέγιστος το 0,04 του εμβαδού της διατομής του πυρήνα.
Στις περιοχές των ενώσεων με υπερκάλυψη το μέγιστο ποσοστό οπλισμού είναι 0,08.
Ελάχιστος αριθμός διαμήκων ράβδων είναι 6, οι οποίες κατανέμονται ομοιόμορφα στην περίμετρο.

γ) Το βήμα της σπείρας επιτρέπεται να είναι το πολύ 80mm ή το ένα πέμπτο της διαμέτρου του πυρήνα, η δε διάμετρός της τουλάχιστον 5mm.

δ) Τα άκρα της σπείρας, ακόμη και στις περιοχές των ενώσεων με υπερκάλυψη, πρέπει να κάμπτονται προς τα μέσα υπό μορφή ορθογωνικού αγκίστρου ή να συγκολλώνται στη γειτονική σπείρα.

18.5 ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

18.5.1 Γεωμετρικά στοιχεία τοιχωμάτων

Τοιχώματα θεωρούνται τα γραμμικά κατακόρυφα στοιχεία στα οποία η περίσφιξη δεν απαιτείται σε όλο το μήκος τους.

Απλοποιητικά, ένα γραμμικό κατακόρυφο στοιχείο θεωρείται τοίχωμα όταν το μήκος του, l_w, κατά την οριζόντια έννοια είναι τουλάχιστον 100cm και τετραπλάσιο του πλάτους b.

Η διατομή του τοιχώματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε να πληρούται η συνθήκη

$$v_d = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} < 0{,}30$$

Τοιχώματα που καταλήγουν σε υποστυλώματα πρέπει να έχουν πάχος b τουλάχιστον 150mm, διαφορετικά 200mm.

Σε κάθε περίπτωση, το πάχος δεν μπορεί να είναι μικρότερο από το 1/25 του ύψους ορόφου.

Αν προβλέπονται ειδικές κατασκευαστικές μέθοδοι, (π.χ. προκατασκευή), επιτρέπεται μείωση του πάχους μέχρι 120mm.

Πρέπει να αποφεύγονται μη κανονικά τοποθετημένα ανοίγματα στα τοιχώματα, εκτός αν η επιρροή τους στη συμπεριφορά του τοιχώματος είναι αμελητέα ή λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό.

18.5.2 Κρίσιμη περιοχή τοιχώματος

Ως κρίσιμη περιοχή H_{cr} θεωρείται το τμήμα του τοιχώματος μέχρις ύψους (από τη θεμελίωση) τουλάχιστον ίσου με το μέγιστο των l_w και $H_w/6$, όπου H_w το συνολικό ύψος από τη θεμελίωση έως το ψηλότερο σημείο του τοιχώματος μέσα στο κτίριο.

18.5.3. Κατακόρυφος οπλισμός τοιχωμάτων

Η ελάχιστη διάμετρος του κατακόρυφου οπλισμού τοιχώματος είναι 10mm.

Η μέγιστη διάμετρος των κατακόρυφων ράβδων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 1/10 του πάχους του τοιχώματος.

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων S220 ως κατακόρυφων οπλισμών τοιχωμάτων.

Οι ακραίες περιοχές των κρισίμων περιοχών τοιχωμάτων πρέπει να διαμορφώνονται και να οπλίζονται σαν υποστυλώματα σε μήκος από το άκρο του τοιχώματος τουλάχιστον 2b ή $0{,}20 l_w$, ή όπου η ανηγμένη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος ε_c είναι μεγαλύτερη από 0,15%. Στις ακραίες αυτές περιοχές ο κατακόρυφος οπλισμός πρέπει να είναι μεταξύ 0,004 και 0,04 της αντίστοιχης διατομής σκυροδέματος του υποτιθέμενου υποστυλώματος και να περιβάλλεται από συνδετήρες διαμέτρου τουλάχιστον 8mm ανά αποστάσεις το πολύ 0,5b. Στον κορμό του τοιχώματος, μεταξύ των ακραίων περιοχών, το ποσοστό του κατακόρυφου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0,0025. Ο οπλισμός αυτός πρέπει να σχηματίζει με τις οριζόντιες ράβδους 2 εσχάρες, μία κοντά σε κάθε όψη του τοιχώματος, οι οποίες να συνδέονται με εγκάρσιο σιγμοειδή οπλισμό 4 Φ 8/m². Σε κάθε εσχάρα η απόσταση δύο γειτονικών κατακόρυφων ράβδων θα είναι $s \leq 300$mm, πλην της κρίσιμης περιοχής στη βάση του τοιχώματος όπου πρέπει $s \leq 200$mm.

18.5.4. Διασταυρούμενα τοιχώματα

Στις περιπτώσεις που υπάρχουν πέλματα στα άκρα των τοιχωμάτων πρέπει η περίσφιξη που προβλέπεται για το άκρο του τοιχώματος να επεκτείνεται εφ' όλου του συνεργαζόμενου πλάτους του πέλματος εφόσον η ανηγμένη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος στο πέλμα είναι μεγαλύτερη από 0,15%.

Η σύνδεση τοιχώματος - πέλματος πρέπει να ελέγχεται για διαμήκη τέμνουσα δύναμη σύμφωνα με την παρ 11.3.

18.5.5 Ενώσεις κατακόρυφων ράβδων τοιχωμάτων

Πρέπει να αποφεύγεται η ένωση των κατακορύφων ράβδων με υπερκάλυψη στην κρίσιμη περιοχή του τοιχώματος. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, επιτρέπεται ένωση του 30% το πολύ των κατακόρυφων ράβδων στις περιοχές αυτές. Δύο ενώσεις θεωρούνται ότι γίνονται στην ίδια θέση όταν απέχουν, στην κατακόρυφη διεύθυνση, λιγότερο από το διπλάσιο του μήκους υπερκάλυψης.

18.5.6 Οριζόντιοι οπλισμοί τοιχωμάτων

Οι οριζόντιοι οπλισμοί συνιστάται να τοποθετούνται προς την εξωτερική πλευρά του τοιχώματος και να αγκυρώνονται κατάλληλα. Οι απαιτήσεις για το ελάχιστο ποσοστό τους, τη μέγιστη διάμετρό τους και τις μέγιστες αποστάσεις τους είναι οι ίδιες με τις αντίστοιχες του κατακόρυφου οπλισμού του τοιχώματος μεταξύ των ακραίων περιοχών. Επιπλέον, η συνολική διατομή του οριζόντιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το μισό της συνολικής διατομής του κατακόρυφου, η δε διάμετρός του να είναι τουλάχιστον 8mm.

18.5.7 Αρμοί διακοπής εργασίας τοιχωμάτων

Στους αρμούς διακοπής εργασίας, το ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού πρέπει να είναι αρκετό για να αντικαταστήσει όλη την αντοχή του σκυροδέματος, δίνεται δε από τη σχέση:

$$\rho_v = \frac{\dfrac{A_{s,tot}}{b l_w}\left(1{,}3 f_{ctm} - 0{,}7\dfrac{N_d}{A_g}\right)}{f_{yk}} \geq 0{,}0025 \qquad (18.9)$$

όπου το $A_{s,tot}$ περιλαμβάνει και τον κατακόρυφο οπλισμό των ακραίων στοιχείων, το A_g είναι η ευρύτερη περιοχή της συνεργαζόμενης διατομής, συμπεριλαμβανόμενων και των συνοριακών στοιχείων, και N_d η ελάχιστη θλιπτική δύναμη του τοιχώματος, θεωρούμενη θετική για θλίψη.

18.5.8 Ανοίγματα σε τοιχώματα

Τυχόν ανοίγματα σε τοιχώματα πρέπει να έχουν κατάλληλη διάταξη και μικρή συνολική επιφάνεια, ώστε να μην παρεμποδίζουν την καμπτική λειτουργία του τοιχώματος. Τα ανοίγματα λαμβάνονται υπόψη κατά τον έλεγχο του τοιχώματος έναντι διάτμησης. Γενικώς απαιτείται η τοποθέτηση πρόσθετων οπλισμών γύρω από το άνοιγμα.

Ειδικότερα, στα οριζόντια στοιχεία σύνδεσης (υπέρθυρα) συζευγμένων τοιχωμάτων που χωρίζονται με μια ή περισσότερες στήλες ανοιγμάτων, ολόκληρη η ένταση σεισμού (τέμνουσα και ροπή) παραλαμβάνεται με κατάλληλους διαδιαγώνιους οπλισμούς, εκτός εάν ισχύουν οι σχέσεις (18.10) και (18.11):

$$\tau_d < 2\,\frac{l}{h}\,\tau_{Rd} \qquad (18.10)$$

$$\rho' = \rho < \frac{1}{4}\,\frac{l}{h}\sqrt{f_{ck}/f_{yk}} \qquad (18.11)$$

όπου l,h και ρ το πλάτος, το ύψος, και το ποσοστό οπλισμού κάμψης των οριζόντιων στοιχείων σύνδεσης.

Οι διαδιαγώνιοι οπλισμοί πρέπει να περιβάλλονται από ορθογωνικούς συνδετήρες, άγκιστρα ή σπείρες με αποστάσεις ή βήματα όχι μεγαλύτερα από 100mm. Το μήκος αγκύρωσης των διαδιαγώνιων οπλισμών θα είναι αυξημένο κατά 50%.

Σε κάθε παρειά τοποθετείται εσχάρα με τουλάχιστον 2 Φ 10 / 200mm.

Οι οριζόντιοι οπλισμοί θα υπολογίζονται για τη ροπή κάμψης για όλες τις μη σεισμικές δράσεις και θα είναι τουλάχιστον 2 Φ 16, άνω και κάτω.

19. ΕΚΛΟΓΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

19.1 Γενικά

Το Κεφάλαιο αυτό αφορά τις αρχές που πρέπει να τηρούνται στην εκλογή και παραγγελία των απαιτούμενων υλικών.

19.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Θα πρέπει να συμφωνούν με τις μεθόδους που αναγράφονται στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.) εφόσον δεν ρυθμίζονται στον προκείμενο κανονισμό.

19.3 ΧΑΛΥΒΕΣ ΓΙΑ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

19.3.1 Γενικά

Ως οπλισμοί στοιχείων από ωπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται μόνον οι χάλυβες που καθορίζονται στη μελέτη και συμφωνούν με τα τεύχη έγκρισης.

Η επιφάνεια των χαλύβων μπορεί να καλύπτεται με στρώση αντιδιαβρωτικής προστασίας. Η εφαρμογή αυτής της προστασίας δεν πρέπει να μειώνει τα μηχανικά χαρακτηριστικά ούτε την συνάφεια των χαλύβων.

19.3.2 Συγκολλησιμότητα

Η συγκολλησιμότητα των οπλισμών εξαρτάται κυρίως από τη μέθοδο παραγωγής (θερμή εξέλαση ή ψυχρή κατεργασία), από την χημική σύνθεση και από την διάμετρο.

19.4 ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Για την επιβολή προέντασης επιτρέπεται η χρήση μόνο των τενόντων (σύρματα, ράβδοι, συρματόσχοινα), αγκυρώσεων, συνδέσμων και σωλήνων, οι οποίοι καθορίζονται στην μελέτη και συμφωνούν με τα τεύχη έγκρισης.

19.5 ΕΝΘΕΜΑΤΑ

Ενθέματα ενσωματωμένα σε φέρουσες κατασκευές από ωπλισμένο σκυρόδεμα δεν πρέπει να προκαλούν ανεπιθύμητες αλλαγές στην συμπεριφορά και την αντοχή του έργου.

20. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

20.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στο Κεφάλαιο αυτό ορίζονται οι βασικοί σκοποί που πρέπει να επιτυγχάνονται κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Όλο το προσωπικό που ασχολείται με την παραγωγή του σκυροδέματος και την εκτέλεση των εργασιών πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο για την εργασία την οποία θα εκτελέσει.

20.2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Για τα θέματα τα σχετικά με
- την μεταφορά και αποθήκευση των υλικών του σκυροδέματος,
- την παρασκευή,
- την μεταφορά και διάστρωση, και
- την συντήρηση του σκυροδέματος

ισχύουν οι αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.) εφ' όσον δεν ρυθμίζονται στον προκείμενο Κανονισμό.

20.2.1 Θερμική επεξεργασία του σκυροδέματος

Η θερμική επεξεργασία για επιτάχυνση της σκλήρυνσης του σκυροδέματος πρέπει να είναι γνωστή κατά την φάση της μελέτης του έργου, δεδομένου ότι διάφορα άρθρα αυτού του Κανονισμού πρέπει να προσαρμοσθούν έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η προτεινόμενη θερμική επεξεργασία.

20.3 ΙΚΡΙΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΞΥΛΟΤΥΠΟΙ

20.3.1 Γενικά

Τα ικριώματα και οι ξυλότυποι έχουν τρεις κύριους σκοπούς:
- δίνουν στο σκυρόδεμα την μορφή του,
- παρέχουν τα μέσα για να προκύψει η απαιτούμενη διαμόρφωση και εμφάνιση των επιφανειών,
- στηρίζουν τον φορέα μέχρις ότου μπορέσει να φέρει φορτία.

Πρέπει να υπολογίζονται και να κατασκευάζονται έτσι ώστε να φέρουν ασφαλώς τα φορτία κατά την κατασκευή, να επιτρέπουν τις τυχόν απαραίτητες παραμορφώσεις και να συμφωνούν με τις ανοχές διαστάσεων που προδιαγράφονται για την κατασκευή.

20.3.2 Κατασκευή ικριωμάτων και ξυλοτύπων

α) Οι στηρίξεις στο έδαφος, τα ικριώματα και οι ξυλότυποι πρέπει να κατασκευάζονται από ειδικευμένο προσωπικό και σύμφωνα με τα σχέδια και τις προδιαγραφές.

β) Οι αρμοί των στοιχείων του σανιδώματος πρέπει να στεγανοποιούνται κατάλληλα.

γ) Οι εσωτερικές παρειές των ξυλοτύπων πρέπει να είναι καθαρές. Εγκεκριμένα υλικά αποκόλλησης των ξυλοτύπων πρέπει να τοποθετούνται σε συνεχείς ομοιόμορφες στρώσεις. Το σκυρόδεμα πρέπει να διαστρώνεται σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα από την εφαρμογή των υλικών αυτών και όσο αυτά διατηρούν την αποτελεσματικότητά τους.

20.3.3 Αφαίρεση ικριωμάτων και ξυλοτύπων

20.3.3.1 Χρόνος αφαίρεσης ικριωμάτων και ξυλοτύπων

Τα ικριώματα ή οι ξυλότυποι επιτρέπεται να αφαιρούνται μόνο όταν το σκυρόδεμα έχει σκληρυνθεί επαρκώς, δηλαδή το σκυρόδεμα θεωρείται επαρκώς σκληρυνθέν όταν το δομικό στοιχείο έχει αναπτύξει τέτοια αντοχή, ώστε να μπορεί να παραλάβει με την απαιτούμενη ασφάλεια όλα τα κατά τον χρόνο της αφαίρεσης των ικριωμάτων ή ξυλοτύπων επιβαλλόμενα φορτία.

Ιδιαίτερη προσοχή επιβάλλεται για τα δομικά στοιχεία, τα οποία αμέσως μετά την αφαίρεση των ικριωμάτων παραλαμβάνουν σχεδόν το σύνολο των φορτίων του υπολογισμού.

Εάν η εξέλιξη της σκλήρυνσης δεν παρακολουθείται με δοκίμια, οι ξυλότυποι δεν θα αφαιρούνται πριν από τις ημέρες που δίνονται στον Πίνακα 20.1, και οι οποίες θεωρούνται βασικές τιμές χρόνου αφαίρεσης.

Στοιχεία Κατασκευής	Τύπος Τσιμέντου	
	I	II
Πλευρικά δοκών, πλακών, υποστυλωμάτων, τοιχείων	2 ημ.	3 ημ.
Ξυλότυποι πλακών	5 ημ.	8 ημ.
Ξυλότυποι δοκών και πλακών ανοίγματος >5m	10 ημ.	16 ημ.
Ικριώματα (υποστύλωση) δοκών, πλαισίων και πλακών ανοίγματος > 5 m	28 ημ.	28 ημ.

Πίνακας 20.1
Χρόνοι αφαίρεσης των ξυλοτύπων (βασικές τιμές)

Ειδικές μέθοδοι σκυροδέτησης και ειδικά σκυροδέματα μπορεί να απαιτούν ιδιαίτερο χρόνο αφαίρεσης των ξυλοτύπων.

Οι ξυλότυποι των υποστυλωμάτων, βάθρων και τοιχωμάτων πρέπει να αφαιρούνται πριν από τους ξυλότυπους των δοκών και πλακών, τις οποίες στηρίζουν. Ικριώματα, υποστυλώματα ξυλοτύπων και φέροντες

ξυλότυποι πλακών (φορείς ξυλοτύπων) πρέπει να απομακρύνονται προσεκτικά με χαλάρωση των μηχανισμών συγκράτησης.

Δεν επιτρέπεται η χαλάρωση με κρούσεις και η βίαιη αφαίρεσή τους. Πρέπει να αποφεύγονται οι κραδασμοί.

20.3.3.2.Βοηθητικά υποστυλώματα

Για να περιοριστούν οι παραμορφώσεις από ερπυσμό και συστολή ξήρανσης, πρέπει να παραμένουν βοηθητικά υποστυλώματα ή να τοποθετούνται αμέσως μετά την αφαίρεση των ξυλοτύπων.

Τα βοηθητικά υποστυλώματα πρέπει να παραμένουν όσο το δυνατόν περισσότερο, ιδίως σε δομικά στοιχεία, τα οποία αμέσως μετά την αφαίρεση των ξυλοτύπων παραλαμβάνουν μεγάλο τμήμα του φορτίου υπολογισμού, ή στα οποία αφαιρούνται πρόωρα οι ξυλότυποι. Τα βοηθητικά υποστυλώματα πρέπει να υπέρκεινται μεταξύ τους στους διάφορους ορόφους.

Σε πλάκες και δοκούς με ανοίγματα μέχρι 8m, περίπου, αρκούν βοηθητικά υποστυλώματα στο μέσον του ανοίγματος. Για μεγαλύτερα ανοίγματα πρέπει να τοποθετούνται περισσότερο βοηθητικά υποστυλώματα. Για πλάκες ανοίγματος μικρότερου από 3m περιττεύουν κατά κανόνα τα βοηθητικά υποστυλώματα.

20.3.3.3 Φόρτιση δομικών στοιχείων μετά πρόσφατη αφαίρεση των ξυλοτύπων

Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή όταν δεν μπορεί να αποφευχθεί η χρήση των πατωμάτων κατά τις πρώτες ημέρες μετά την κατασκευή η αφαίρεση των ξυλοτύπων.

Δεν επιτρέπεται με κανένα τρόπο η απόρριψη, ή συσσώρευση, ή απόθεση μεγάλων ποσοτήτων πλίνθων, δοκών, σανίδων κ.λπ. σε προσφάτως κατασκευασθέντα πατώματα.

20.4 ΚΟΙΝΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ ΓΙΑ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

20.4.1 Μεταφορά και αποθήκευση

Η μεταφορά και αποθήκευση των χαλύβων πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να αποφεύγονται:

- μηχανικές βλάβες (π.χ. εγκοπές) ή πλαστικές παραμορφώσεις,
- θραύσεις συγκολλήσεων προκατασκευασμένων στοιχείων ή πλεγμάτων
- ρυπάνσεις που βλάπτουν την συνάφεια,
- απώλειες της δυνατότητας χαρακτηρισμού και πιστοποίησης του είδους των χαλύβων,
- μειώσεις διατομών λόγω διάβρωσης.

Η μεταφορά και αποθήκευση των προκατασκευασμένων κλωβών και πλεγμάτων οπλισμού πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να αποφεύγεται, εκτός των άλλων, η απαράδεκτη παραμόρφωση των κλωβών και η σχετική μετατόπιση των οπλισμών.

Η κατάσταση της επιφάνειας των οπλισμών πρέπει να εξετάζεται πριν από την χρησιμοποίησή τους για να εξασφαλίζεται η απουσία βλαβερών αλλοιώσεων.

20.4.2 Κοπή

Η κοπή πρέπει να γίνεται, κατά προτίμηση, με μηχανικά μέσα.

Σε περίπτωση ράβδων ψυχρής εξέλασης με συστροφή πρέπει να αφαιρούνται τα μη συνεστραμμένα άκρα, αν χρησιμοποιούνται οι μηχανικές ιδιότητες των άκρων των ράβδων.

20.4.3.Κάμψη

Η κάμψη πρέπει να γίνεται με μηχανικά μέσα, με σταθερή ταχύτητα, χωρίς απότομες κινήσεις και με την βοήθεια τυμπάνων, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ακτίνα καμπυλότητας για το καμπτόμενο τμήμα. Η διάμετρος του τυμπάνου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από εκείνη που εγγυάται η δοκιμή αναδίπλωσης. Απαγορεύεται το ίσιωμα ράβδων που έχουν καμφθεί ή η προθέρμανση με φλόγα οξυγόνου. Εξαιρούνται οι χάλυβες που μπορούν αποδεδειγμένα να καμφθούν χωρίς σημαντική μεταβολή των ιδιοτήτων τους.

20.4.4 Συγκολλήσεις ράβδων

20.4.4.1 Γενικά

Οι διατάξεις αυτές ισχύουν για τις συγκολλήσεις φερόντων οπλισμών είτε στο εργοστάσιο, είτε στο συνεργείο, είτε στο εργοτάξιο. Δεν ισχύουν για τις συγκολλήσεις πλεγμάτων και άλλων προϊόντων που έχουν προτυποποιηθεί και εγκριθεί ως συγκολλημένα στοιχεία.

Κατά την συγκόλληση πρέπει να τηρούνται τα μέτρα ασφαλείας και να γίνονται ειδικοί έλεγχοι.

Απαγορεύεται η συγκόλληση με φλόγα οξυγόνου ή με σφυρηλάτηση.

20.4.4.2 Συγκολλήσεις με συνεχή ραφή

Οι συγκολλήσεις πρέπει να έχουν ικανοποιητική αντοχή και ολκιμότητα.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με μέθοδο συγκόλλησης κατάλληλη για τον τύπο του οπλισμού και την υπόψη ένωση.

20.4.4.3 Σημειακές συγκολλήσεις

Ως σημειακές συγκολλήσεις νοούνται εδώ οι προσωρινές συγκολλήσεις ράβδων οπλισμού για την μεταφορά και τοποθέτηση. Οι συγκολλήσεις αυτές πρέπει να έχουν ικανοποιητική αντοχή και ολκιμότητα, όπως οι ενώσεις με συνεχή ραφή (παρ. 20.4.4.2).

20.4.4.4 Συγκολλήσεις ράβδων οπλισμού σε άλλα χαλύβδινα στοιχεία

Η μελέτη, η εκτέλεση και ο έλεγχος αυτών των συγκολλήσεων πρέπει να συμφωνεί με τις γενικές απαιτήσεις συγκολλήσεων σε δομικά έργα.

20.4.4.5 Απαιτήσεις ικανότητας

Οι συγκολλήσεις πρέπει να επιβλέπονται από προσωπικό εξοικειωμένο με τις μεθόδους και τους Κανονισμούς συγκόλλησης οπλισμών.

Οι συγκολλητές πρέπει να αποδείξουν την ικανότητά τους για συγκόλληση υπό πραγματικές συνθήκες κατασκευής.

20.4.5 Ενώσεις

20.4.5.1 Ενώσεις με υπερκάλυψη

Το μήκος και η θέση των ενώσεων πρέπει να συμφωνούν με την μελέτη.

20.4.5.2 Ενώσεις με συγκόλληση

Ενώσεις με συγκόλληση γίνονται σύμφωνα με την παρ. 20.4.4 και στις θέσεις που προβλέπονται στην μελέτη.

Οι συγκολλήσεις επιτρέπονται, γενικά, μόνο σε ευθύγραμμα τμήματα οπλισμών.

20.4.5.3 Μηχανικές ενώσεις

Τα εξαρτήματα μηχανικών ενώσεων πρέπει να καλύπτονται με τεύχη έγκρισης ή με δοκιμές.

Οι μηχανικές ενώσεις πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιέχονται στα τεύχη έγκρισης οι θέσεις τους πρέπει να φαίνονται στα σχέδια οπλισμού.

20.4.6 Συναρμολόγηση και τοποθέτηση του οπλισμού

α) Η συναρμολόγηση του οπλισμού (καθολική ή μερική) στο εργοτάξιο ή στο συνεργείο πρέπει να εξασφαλίζει:
   - την διατήρηση της θέσης των οπλισμών κατά την μεταφορά, την τοποθέτηση και την σκυροδέτηση μέσα στα όρια των κατασκευαστικών ανοχών. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για τις αποστάσεις από τις παρειές,
   - την ευχέρεια διάστρωσης του σκυροδέματος.

β) Η συναρμολόγηση διάστρωσης του οπλισμού περιλαμβάνει και την στέρεωσή του.
   Η στέρεωση με συγκόλληση υπόκειται στις ίδιες κατασκευαστικές απαιτήσεις που αφορούν και τις ενώσεις με συγκόλληση.
   Τα στηρίγματα και τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την τήρηση των αποστάσεων πρέπει να είναι κατάλληλα και σε ικανό αριθμό, ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες της παρ. α. Επιπλέον,

δεν πρέπει να παρεμποδίζουν την διάστρωση ούτε να αποτελούν αδύνατο σημείο, όσον αφορά την αντοχή σε διάρκεια και ειδικά την επιρροή του περιβάλλοντος.

Τα στηρίγματα και τα παραπάνω στοιχεία πρέπει:
- να περιβάλλονται ικανοποιητικά από σκυρόδεμα,
- να είναι αδρανή ως προς τα περιβάλλοντα υλικά,
- να παρουσιάζουν ανοχές συμβιβαστές μ' εκείνες που απαιτούνται για τους οπλισμούς,
- να συμπεριφέρονται ικανοποιητικά όσον αφορά τις θερμοκρασιακές επιρροές (παγετός, καύσωνας, πυρκαϊά).

20.5 ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

20.5.1 Μεταφορά και αποθήκευση

Οι τένοντες προέντασης, οι σωλήνες, οι αγκυρώσεις και οι σύνδεσμοι (π.χ. αρμοκλείδες) πρέπει να προστατεύονται κατά την μεταφορά, τον χειρισμό και την αποθήκευση. Η αποθήκευση πρέπει να γίνεται με προστασία από την βροχή, την υγρασία του εδάφους και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες αν είναι διαβρωτικές.

Η συγκόλληση κοντά σε τένοντες προέντασης απογορεύονται, εκτός αν έχουν ληφθεί ειδικά μέτρα.

Η κατάσταση των επιφανειών των τενόντων και η στεγανότητα των σωλήνων πρέπει να ελέγχεται πριν από την χρήση τους, ώστε να εξασφαλίζεται η απουσία επιβλαβών αλλοιώσεων.

20.5.2 Κοπή

Η κοπή πρέπει να γίνεται με μηχανικά μέσα ή με φλόγα οξυγόνου. Στην τελευταία περίπτωση η κοπή πρέπει να γίνεται σε απόσταση μεγαλύτερη από 20 έως 30 mm απο μια αγκύρωση.

20.5.3 Κάμψη

Η κάμψη επιτρέπεται αν γίνεται μόνο με μηχανικά μέσα, με σταθερή ταχύτητα, χωρίς απότομες κινήσεις, με την βοήθεια τυμπάνων, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ακτίνα καμπυλότητας για το τμήμα που κάμπτεται. Η διάμετρος του τυμπάνου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπόμενη, που καθορίζεται στα τεύχη έγκρισης.

Απαγορεύεται η αναδίπλωση.

Κοντά στις αγκυρώσεις, στους συνδέσμους, στα προετοιμασμένα άκρα των τενόντων (ελικώσεις, βολβοί, νευρώσεις) και στο εσωτερικό των συσκευών τάνυσης και αγκύρωσης, οι τένοντες πρέπει να είναι ευθύγραμμοι, σε μήκος που είναι συνάρτηση του τύπου του τένοντα και της μεθόδου προέντασης.

20.5.4 Ενώσεις, αγκυρώσεις και σύνδεσμοι

Οι διατάξεις για τις ενώσεις, τις αγκυρώσεις και τους συνδέσμους των τενόντων πρέπει να συμφωνούν με τα τεύχη έγκρισης (παρ. 19.3).

20.5.5 Συναρμολόγηση και τοποθέτηση των τενόντων

Δεν επιτρέπεται η χρήση τενόντων που έχουν υποστεί βλάβες.

Η συναρμολόγηση και η τοποθέτηση στο εργοτάξιο, ή στο συνεργείο γίνεται σύμφωνα με τα τεύχη έγκρισης και σύμφωνα με τους κανόνες που αφορούν:
- την επικάλυψη σκυροδέματος και την απόσταση τενόντων,
- την διατήρηση της θέσης των τενόντων, των συνδέσμων και των αγκυρώσεων, μέσα στα όρια των κατασκευαστικών ανοχών,
- την ευχέρεια διάστρωσης του σκυροδέματος.

Η συναρμολόγηση των τενόντων περιλαμβάνει και την στερέωσή τους. Τα στηρίγματα και τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την τήρηση των αποστάσεων πρέπει να πληρούν τους όρους της παρ. 20.4.6 και να διατίθενται σε ικανό αριθμό, ώστε να ικανοποιούνται οι παραπάνω απαιτήσεις.

Απαγορεύεται να γίνει με συγκόλληση στερέωση σωλήνων που ήδη περιέχουν τένοντες.

20.5.6 Σωλήνες

α) Οι τύποι των σωλήνων που χρησιμοποιούνται πρέπει να συμφωνούν με τις παραδοχές της μελέτης.
Οι σωλήνες πρέπει να έχουν κανονική χάραξη και ικανό αριθμό σημείων στήριξης ώστε να εξασφαλίζεται η τήρηση των ανοχών σε ό,τι αφορά την ακριβή τοποθέτησή τους.

β) Οι σωλήνες πρέπει να είναι στεγανοί ως προς το νωπό σκυρόδεμα.
Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην στεγανότητα των συνδέσεων των σωλήνων κατά την διάρκεια της σκυροδέτησης.

Σε περίπτωση που στην μελέτη προβλέπεται σύνδεση μεταξύ τενόντων και σκυροδέματος, οι σωλήνες πρέπει να παρουσιάζουν καλή συνάφεια με το σκυρόδεμα.

Σημεία εξαγωγής αέρα πρέπει να προβλέπονται σ' όλα τα άκρα και τα υψηλά σημεία της χάραξης.

Πρόσθετα σημεία εξαγωγής αέρα πρέπει να προβλέπονται για τους τένοντες που έχουν μέγαλο μήκος.

20.5.7 Προετοιμασία και προστασία των σωλήνων πριν από την τσιμεντένεση

Οι σωλήνες πρέπει να προστατεύονται, μέχρις ότου γίνουν τσιμεντέσεις, από την εισχώρηση ξένων ουσιών που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την εκτέλεση και ποιότητα των τσιμεντενέσεων.

Σε περιόδους παγετού πρέπει να εμποδίζεται η εισχώρηση νερού για να αποφεύγεται διάσπαση του σκυροδέματος από την σχηματισμό πάγου.

20.6 ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ

20.6.1 Προένταση πριν από την έγχυση του σκυροδέματος

20.6.1.1 Οδηγίες για το εργοτάξιο ή το εργοστάσιο

Στο εργοτάξιο ή στο εργοστάσιο πρέπει να τηρείται ημερολόγιο που να καθορίζει:
- τα στοιχεία που θα προενταθούν και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί,
- την σειρά με την οποία θα προενταθούν τα στοιχεία,
- την μέγιστη πίεση ή δύναμη στους γρύλλους,
- την πίεση ή την δύναμη στους γρύλλους στο τέλος της διαδικασίας της προέντασης και τις ακραίες τιμές των επιμηκύνσεων,
- τις ολισθήσεις των τενόντων που δεν πρέπει να ξεπεραστούν,
- την σειρά με την οποία πρέπει να απελευθερωθούν οι τένοντες. «Ολική» απελευθέρωση, δηλαδή ταυτόχρονη απελευθέρωση όλων των τενόντων, είναι πάντα η καλύτερη λύση,
- την αντοχή του σκυροδέματος που απαιτείται κατά την προένταση· η τιμή αυτή πρέπει να ελέγχεται πριν από την επιβολή της προέντασης.

20.6.1.2 Πρόσθετες οδηγίες

Ειδική προσοχή πρέπει να δίνεται στην τέλεια καθαρότητα αγκυρώσεων επαναχρησιμοποιούμενου τύπου.

Αγκυρώσεις με βλάβες πρέπει να αντικαθίστανται.

Αν οι τένοντες όταν τοποθετούνται δεν είναι τέλεια ευθύγραμμοι, δηλαδή παρουσιάζουν τοπικές αποκλίσεις, τότε η χρήση τους πρέπει να αιτιολογείται από κατάλληλα πειραματικά δεδομένα ή να καλύπτεται από τεύχη έγκρισης.

20.6.2 Προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

20.6.2.1 Οδηγίες για το εργοτάξιο

Πριν από οποιαδήποτε εργασία τάνυσης πρέπει να έχει παραληφθεί από το εργοτάξιο έγγραφο που να καθορίζει:
- την χρησιμοποιούμενη μέθοδο προέντασης,
- τα στοιχεία που θα προενταθούν και τον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί,
- την απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος κατά την έναρξη της προέντασης,
- την μέγιστη πίεση ή την δύναμη στους γρύλλους,
- την ολίσθηση των τενόντων, αν χρειάζεται.
- την επιμήκυνση που πρέπει να πραγματοποιηθεί, σε αντιστοιχία με την πίεση ή την δύναμη των γρύλλων και τα αποδεκτά όρια διακύμανσης της επιμήκυνσης αυτής,
- την σειρά των διαδοχικών φάσεων προέντασης και αφαίρεσης ικριωμάτων, αν προβλέπονται τέτοιες φάσεις,
- τις ενδεχόμενες δοκιμές που πρέπει να εκτελεσθούν (π.χ. δοκιμές τριβής),

- την σειρά τάνυσης των τενόντων και τα άκρα από όπου πρέπει να επιβληθεί η τάνυση.

2.6.2.2 Εκτέλεση της προέντασης

Η τάνυση πρέπει να γίνεται σύμφωνα με προκαθορισμένο πρόγραμμα και από προσωπικό κατάλληλα εκπαιδευμένο για την εργασία αυτή.

Γενικά απαιτείται ταυτόχρονη μέτρηση δύναμης και επιμήκυνσης. Στις περιπτώσεις που η δύναμη στον γρύλλο δεν μπορεί να μετρηθεί απ' ευθείας, η προένταση πρέπει να φθάνει στην τελική της τιμή σταδιακά, με ενδιάμεσες μετρήσεις. Οι μετρήσεις καταχωρούνται στο δελτίο προέντασης. Οι επιμηκύνσεις διαβάζονται με ακρίβεια χιλιοστού (mm).

Η προένταση συμπληρώνεται όταν η δύναμη στον γρύλλο και η αντίστοιχη επιμήκυνση γίνουν ίσες με τις απαιτούμενες τιμές, λαμβάνοντας υπόψη τις επιτρεπόμενες ανοχές.

Αν παρουσιασθούν ανωμαλίες, είτε στην σχέση μεταξύ επιμηκύνσεων που παρατηρήθηκαν και δυνάμεων που εφαρμόσθηκαν, είτε στην τιμή της ολίσθησης των τενόντων στις αγκυρώσεις, πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα. Τα άκρα των τενόντων δεν πρέπει να κοπούν πριν επιβεβαιωθεί ότι η δύναμη προέντασης που επιτεύχθηκε είναι αποδεκτή.

20.6.3 Προστασία τενόντων και αγκυρώσεων σε περίπτωση προέντασης μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος

20.6.3.1 Γενικά

Η εργασία προστασίας των τενόντων που έχουν ενταθεί και βρίσκονται μέσα σε σωλήνες (ή διόδους διαμορφωμένες στο σκυρόδεμα) περιλαμβάνει την πλήρωση με κατάλληλο υλικό όλων των κενών που υπάρχουν στο εσωτερικό των σωλήνων, ανάμεσα στους τένοντες και τους σωλήνες, και ανάμεσα στους ίδιους τους τένοντες.

α) Σε περίπτωση που απαιτείται μηχανική σύνδεση μεταξύ τενόντων και σκυροδέματος, οι σωλήνες πρέπει να συνδέονται κατάλληλα με το σκυρόδεμα και το προστατευτικό υλικό να παρουσιάζει ικανοποιητική μηχανική αντοχή.

Κανονικά το προστατευτικό υλικό είναι τσιμεντένεμα που εισάγεται:
- είτε ανάμεσα στους τένοντες και τον σωλήνα, οπότε η σύνδεση εξασφαλίζεται από την συνάφεια μεταξύ τενόντων και σκληρυμένου τσιμεντενέματος,
- είτε ανάμεσα στους τένοντες, που έχουν καλυφθεί με προστατευτική μεμβράνη και τον σωλήνα, αν η μορφή και μόνο των τενόντων εξασφαλίζει την μηχανική σύνδεση.

β) Σε περίπτωση που δεν απαιτείται μηχανική σύνδεση, το προστατευτικό υλικό μπορεί να είναι μια λιπαντική ουσία που δεν πρέπει να επηρεάζεται από τον χρόνο ή να έχει δυσμενή επίδραση στους τένοντες.

γ) Οι αγκυρώσεις και οι συνδέσεις πρέπει να προστατεύονται από την διάβρωση.

Γενικά οι αγκυρώσεις καλύπτονται με σκυρόδεμα ή κονίαμα (σφράγισμα).

20.6.3.2 Προσωρινή προστασία

Αν το χρονικό διάστημα μεταξύ τάνυσης και τσιμεντένεσης είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο αποδεκτό, απαιτείται προσωρινή προστασία των τανυμένων τενόντων.

Στην περίπτωση που η συνάφεια μεταξύ τένοντα και τσιμεντένεσης είναι απαραίτητη, το υλικό της προσωρινής προστασίας θα πρέπει να συμβιβάζεται με την απαίτηση αυτή.

Το υλικό προσωρινής προστασίας δεν πρέπει να επηρεάζει δυσμενώς τον χάλυβα προέντασης ή το τσιμεντένεμα.

20.6.3.3 Προστασία με τσιμεντένεση στο εργοτάξιο

20.6.3.3.α Εκτέλεση της τσιμεντένεσης

Η τσιμεντένεση πρέπει να γίνεται ώστε να γεμίζουν ομοιόμορφα όλα τα κενά που υπάρχουν γύρω από τους τένοντες μέσα στους σωλήνες. Η τσιμεντένεση πρέπει να γίνεται κατά τρόπο συνεχή και χωρίς διακοπή, αρχίζοντας από το πιο χαμηλό σημείο χάραξης, με εξαίρεση βέβαια τον δοκιμαστικό έλεγχο που γίνεται πριν από την έναρξη των εργασιών.

Η τσιμεντένεση αρχίζει μόνο αφού ελεγχθούν όλες οι απαραίτητες προϋποθέσεις καλής εκτέλεσης δηλαδή:

- κατάλληλο προσωπικό σε επαρκή αριθμό,
- κατάλληλος εξοπλισμός, σε καλή κατάσταση και έτοιμος για λειτουργία,
- υλικά συγκεντρωμένα κοντά στον χώρο εργασίας,
- μόνιμη παροχή νερού υπό πίεση και πεπιεσμένου αέρα,
- αεραγωγοί προετοιμασμένοι και με κατάλληλη σήμανση,
- εκτέλεση δοκιμής καταλληλότητας αν απαιτείται.

20.6.3.3.β Τσιμεντένεση

Τα κύρια σημεία που πρέπει να καθορίζονται και να ελέγχονται πριν από την τσιμεντένεση είναι:
- τύπος τσιμέντου και προσθέτων (ενδεχομένως το είδος και η αναλογία άμμου),
- μέγιστη περιεκτικότητα σε βλαβερές ουσίες, κυρίως χλωρίδια, θειικά ή νιτρικά άλατα,
- λόγος νερού/τσιμέντου,
- ρευστότητα (στην είσοδο και στην έξοδο),
- απώλεια νερού,
- θλιπτική αντοχή τσιμεντενέματος,
- θερμοκρασία περιβάλλοντος,
- χρονικό διάστημα που το τσιμεντένεμα είναι εργάσιμο,
- καθορισμός και αριθμός δοκιμών ελέγχου (ειδικά καθορισμός της μεθόδου δειγματοληψίας),
- πίεση τσιμεντένεσης (μέγιστη επιτρεπόμενη),
- ειδικά προληπτικά μέτρα σε σχέση με την χάραξη των τενόντων (τένοντες μεγάλου μήκους, κατακόρυφοι τένοντες),
- πλύσιμο τενόντων αν χρειάζεται,
- μέτρα έναντι παγετού.

20.6.3.3.γ Σφράγισμα

Μετά από την σκλήρυνση του τσιμεντενέματος, όλα τα ανοίγματα, τα σωληνάκια και οι αεραγωγοί πρέπει να σφραγίζονται ερμητικά και να εμποδίζεται η διείσδυση νερού, αντιπηκτικών και άλλων βλαβερών ουσιών.

20.6.4 Ειδικές μέθοδοι

Για ειδικές μεθόδους (π.χ. προένταση με περιέλιξη) οι παραπάνω κανόνες ισχύουν από γενική άποψη μόνο. Πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες που δίνονται στα τεύχη έγκρισης.

21. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Στο Κεφάλαιο αυτό ορίζονται οι απαιτούμενοι έλεγχοι για την εξασφάλιση της καταλληλότητας της κατασκευής, από την άποψη μόνο της ασφάλειας και της ανθεκτικότητας σε διάρκεια.

21.1 ΓΕΝΙΚΑ

21.1.1 Ορισμοί

Ποιοτικός έλεγχος: ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει συνδυασμό ενεργειών και αποφάσεων που λαμβάνονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Επίσης περιλαμβάνει ελέγχους που εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των αποφάσεων.

Ο ποιοτικός έλεγχος αποτελείται από δύο διαφορετικά αλλά αλληλοεξαρτώμενα μέρη, τον έλεγχο της παραγωγής και τον έλεγχο συμμόρφωσης.

Έλεγχος παραγωγής: περιλαμβάνει συνδυασμό ενεργειών και αποφάσεων που λαμβάνονται κατά την διάρκεια της παραγωγής για τον έλεγχο των εργασιών παραγωγής και για την εξασφάλιση της ικανοποίησης των όρων των προδιαγραφών.

Έλεγχος συμμόρφωσης: συμπεριλαμβάνει συνδυασμό ενεργειών και αποφάσεων σύμφωνα με προσυμφωνημένους κανόνες, για έλεγχο της συμμόρφωσης του προϊόντος με τις προδιαγραφές.

Κανόνες συμμόρφωσης: ομάδα κανόνων που συμπεριλαμβάνει:
- τον καθορισμό του μεγέθους του δείγματος που θα εξεταστεί,
- την συχνότητα της δειγματοληψίας,
- τον αριθμό του κριτηρίου αποδοχής.

Συμμόρφωση/Μη συμμόρφωση: σχετίζεται με μια πρώτη απόφαση.

Η συμμόρφωση οδηγεί σε αποδοχή ενώ η μή συμμόρφωση οδηγεί σε ορισμένες άλλες ενέργειες.

Αποδοχή/Απόρριψη: σχετίζεται με την τελική απόφαση.

Η μη συμμόρφωση μπορεί να οδηγήσει σε αποδοχή ή απόρριψη.

21.1.2 Ενέργειες ποιοτικού ελέγχου

Ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει τους ακόλουθους συστηματικούς ελέγχους των υλικών, των μεθόδων κατασκευής και των τελειωμένων προϊόντων:

α) έλεγχοι με την βοήθεια οργάνων μέτρησης:
- δοκιμές των υλικών για την παραλαβή τους,
- έλεγχοι διαστάσεων ξυλοτύπου, οπλισμών, προκατασκευασμένων στοιχείων κ.α.

β) επιθεώρηση
- αναγνώριση των υλικών,
- εξέταση των πιστοποιητικών συμμόρφωσης,
- έλεγχος της αντιστοιχίας των μετρήσεων προς την χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία,
- έλεγχος της καταλληλότητας του εξοπλισμού και της εξειδίκευσης του προσωπικού,
- έλεγχος: ξυλοτύπων, οπλισμών, διάστρωσης σκυροδέματος κ.α.

21.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

21.2.1 Προκαταρκτικοί έλεγχοι

21.2.1.1 Γενικά

Ο σκοπός των προκαταρκτικών ελέγχων, που γίνονται πριν αρχίσουν οι εργασίες παραγωγής, είναι ο έλεγχος της δυνατότητας να κατασκευασθεί το προβλεπόμενο από την μελέτη έργο, με τα διατιθεμένα υλικά, τον υπάρχοντα εξοπλισμό και τις προβλεπόμενες και διαθέσιμες μεθόδους κατασκευής.

21.2.1.2 Αξιοπιστία της μελέτης

Η μελέτη που δίνεται στον υπεύθυνο για την κατασκευή πρέπει να επαληθεύεται πριν από κάθε εργασία ως προς την αξιοπιστία και το συμβιβαστό των σχεδίων και των τευχών.

Το σύνολο των σχεδίων και χειμένων πρέπει να είναι πλήρες.

Η μελέτη πρέπει να καλύπτει όλες τις φάσεις κατασκευής και χρήσης του έργου.

Ο υπεύθυνος για την κατασκευή δεν πρέπει σε καμμιά περίπτωση να τροποποιήσει την μελέτη με δική του πρωτοβουλία.

21.2.1.3 Αξιοπιστία της επιλογής υλικών και συστατικών

Η ποιότητα και το συμβιβαστό των υλικών και των συστατικών των σκυροδεμάτων, κονιαμάτων κ.λ.π. πρέπει να ελέγχεται με προκαταρκτικές δοκιμές.

Για τον σκοπό αυτό, πριν αρχίσει η παραγωγή σκυροδέματος, πρέπει να ελεγχθεί το ότι οι προτεινόμενες αναλογίες μίξης και τα προτεινόμενα υλικά ικανοποιούν τις προδιαγραφές για το νωπό και για το σκληρυμένο σκυρόδεμα, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες που θα υπάρχουν κατά το στάδιο της πλήρους παραγωγής.

21.2.1.4 Αξιοπιστία των μεθόδων και μέσων κατασκευής

Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί και οι μέθοδοι κατασκευής που προτείνονται πρέπει να καθορισθούν επακριβώς και να ελεγχθούν πριν αρχίσει η κατασκευή. Για τον σκοπό αυτό μπορούν ενδεχομένως να γίνουν και δοκιμές.

21.2.2 Έλεγχος υλικών και συστατικών

21.2.2.1 Γενικά

Θεωρείται ως δεδομένο ότι στο εργοστάσιο ο έλεγχος των υλικών και συστατικών γίνεται από τον παραγωγό.

Στο εργοτάξιο πρέπει να ελέγχεται κατά την παραλαβή ότι τα υλικά και συστατικά που παραλαμβάνονται συμφωνούν με την παραγγελία.

21.2.2.2 Επιθεώρηση σε περίπτωση παραλαβής στο εργοτάξιο

21.2.2.2.α Υλικά

Η επιθεώρηση των υλικών αφορά τον χαρακτηρισμό τους και την συμφωνία τους με τις προδιαγραφές των τευχών έγκρισης ή με τις απαιτήσεις αυτού του Κανονισμού.

Όλα τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να συνοδεύονται από πιστοποιητικά συμμόρφωσης, τα οποία να δείχνουν ότι η ποιότητα και η μέθοδος παραγωγής του υλικού συμφωνεί με τη σχετική εγκριτική απόφαση.

21.2.2.2.β Έτοιμο σκυρόδεμα

Ισχύουν οι διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

21.2.2.2.γ Παραλαβή προκατασκευασμένων στοιχείων

Το δελτίο αποστολής πρέπει να πιστοποιεί ότι η κατασκευή, η σήμανση και μεταχείριση των προκατασκευασμένων στοιχείων έχει γίνει σύμφωνα με τις οδηγίες της παραγγελίας.

Ακόμη, πρέπει να δίνονται οι παρακάτω πληροφορίες:
- ημερομηνίες κατασκευής και αποστολής.
- σημάνσεις χαρακτηρισμού για κάθε στοιχείο που περιλαμβάνεται στην παραγγελία.

21.2.2.2.δ Μεταλλικά στοιχεία

Ο έλεγχος της ποιότητας των μεταλλικών στοιχείων γίνεται συνήθως με βάση τις εγγυήσεις που συνοδεύουν την παράδοσή τους στο εργοτάξιο και αργότερα με τον οπτικό έλεγχο της κατάστασής τους πριν τοποθετηθούν στο έργο.

21.2.2.3 Έλεγχος πριν από την χρήση

Πριν από οποιαδήποτε χρήση υλικών και συστατικών στο έργο πρέπει:

α) να ελέγχεται ότι δεν έχουν υποστεί από τότε που έγινε η παραλαβή τους στο εργοτάξιο ή στο εργοστάσιο, τέτοιες ζημιές που να τα κάνουν ακατάλληλα για την χρήση.

β) ενδεχομένως, να ελέγχεται η αμοιβαία συμβιβαστότητά τους,

γ) ενδεχόμενως, να ελέγχεται η ποιότητα του νερού.

21.2.3 Επιθεώρηση πριν από την σκυροδέτηση

Η επιθεώρηση αυτή πρέπει να αφορά:
- την στερεότητα των ξυλοτύπων και ικριωμάτων,
- την συμφωνία των διαστάσεων των ξυλοτύπων με τα κατασκευαστικά σχέδια,
- την καθαρότητα των ξυλοτύπων και των επιφανειών διακοπής σκυροδέτησης,
- την ομοιόμορφη επικάλυψη των καλουπιών με προϊόντα που διευκολύνουν το ξεκαλούπωμα,
- την στεγανότητα των αρμών μεταξύ των στοιχείων των ξυλοτύπων,
- την επιφανειακή κατάσταση των οπλισμών και των τενόντων προέντασης,
- την θέση και διάμετρο των οπλισμών (και των τενόντων), την στερέωσή τους, την ποιότητα των συνδέσεών τους και την κατάσταση των σωλήνων,
- την κανονικότητα των καμπυλών των τενόντων μέσα στους σωλήνες,
- την κατάσταση των αγκυρώσεων, την θέση τους και την στερέωσή τους,
- την παρουσία στο εργοτάξιο του εξοπλισμού που ενδεχομένως απαιτείται για ρύθμιση του ξυλοτύπου,
- την παρουσία στο εργοτάξιο εξοπλισμού για τη συντήρηση του σκυροδέματος,
- προβλέψεις για προστασία από τον ήλιο, δυνατό αέρα, βροχή, ή ψυχρό καιρό.

21.2.4 Έλεγχος ανάμιξης, μεταφοράς και διάστρωσης του σκυροδέματος

Ισχύουν οι αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

21.2.5 Έλεγχοι συντήρησης του σκυροδέματος

Ισχύουν οι αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

21.2.6 Έλεγχοι κατά την προένταση (προένταση πριν και μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος)

Οι χάλυβες προέντασης πρέπει να επιθεωρούνται πριν χρησιμοποιηθούν, με σκοπό να αποκαλυφθούν οι βλάβες τις οποίες μπορεί να έχουν υποστεί μετά την παραλαβή τους στο εργοτάξιο.

Η ακρίβεια των συσκευών (πιεσόμετρα, δυναμόμετρα) πρέπει να ελέγχεται πριν από την πρώτη χρήση τους και στη συνέχεια, τουλάχιστον μια φορά τον μήνα.

Τα σφάλματα βαθμονόμησης δεν πρέπει να ξεπερνούν το 3% στην στάθμη της δύναμης προέντασης.

Πριν από την τάνυση πρέπει να ελέγχεται και να εξασφαλίζεται η δυνατότητα σωστής εφαρμογής της. Πρέπει να ελέγχεται η σωστή εφαρμογή των οδηγιών που δίνονται στις παρ. 20.6.1.1 και 20.6.2.1.

Οι μετρήσεις που γίνονται σε κάθε στάδιο προέντασης (πιέσεις στους γρύλλους, επιμηκύνσεις, ολισθήσεις στις αγκυρώσεις) πρέπει να σημειώνονται στο δελτίο προέντασης.

Ο χρόνος ανάμεσα στην επιβολή της προέντασης και την οριστική προστασία των τενόντων πρέπει να ελέγχεται και να σημειώνεται.

21.2.7 Έλεγχος των μέτρων προστασίας των τενόντων (προένταση μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος)

Πριν από την τσιμεντένεση πρέπει να ελεγχθεί ότι έχουν εφαρμοσθεί οι όροι των παρ. 20.6.3.2 και 20.6.3.3.

Κατά την διάρκεια της τσιμεντένεσης πρέπει απαραιτήτως να ελέγχεται η πίεση, ελεύθερη ροή του ενέματος από τα ακροφύσια, η διαρροή ενέματος, η ποσότητα του εισαγόμενου ενέματος και να λαμβάνονται δοκίμια για τον έλεγχο του ιξώδους και της απώλειας νερού και – αν απαιτείται – για τον έλεγχο της αντοχής.

Μετά από την τσιμεντένεση πρέπει να ελεγχθεί το σφράγισμα των αγκυρώσεων.

21.2.8 Έλεγχος συνδέσεων προκατασκευασμένων στοιχείων

Οι ανοχές σχετικά με την θέση και τις διαστάσεις των στηρίξεων και των συνδέσεων ελέγχονται κατά την διάρκεια της κατασκευής.

Πρέπει να ελέγχεται η κατάσταση των επιφανειών που πρέπει να δεχθούν νωπό σκυρόδεμα, τσιμεντοκτονία ή κόλλα (καθαρότητα, τραχύτητα για τους αρμούς διακοπής σκυροδέτησης, επεξεργασία επιφανειών).

21.2.9 Ημερολόγιο εργασιών

Στο εργοτάξιο πρέπει να τηρείται ένα ημερολόγιο εργασιών, που για μεγάλα έργα πρέπει να περιέχει τις παρακάτω πληροφορίες:

- μετρήσεις θερμοκρασίας αέρος,
- την σύνθεση του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται (τύπο τσιμέντου και αδρανών),
- αποδοχή υλικών και συστατικών,
- επιθεωρήσεις και ελέγχους τοποθέτησης των οπλισμών και των τενόντων,
- ημερομηνίες σκυροδέτησης και αφαίρεσης ξυλοτύπων,
- αποτελέσματα δοκιμών και μετρήσεων,
- την θερμοκρασία του σκυροδέματος (όταν η σκυροδέτηση γίνεται με πολύ ψυχρό καιρό),
- την περιγραφή συμβάντων.

21.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ

21.3.1 Γενικά

Οι έλεγχοι συμμόρφωσης επιτρέπουν την λήψη αποφάσης συμμόρφωσης ή μη-συμμόρφωσης.

21.3.2 Υλικά και συστατικά

Ο έλεγχος συμμόρφωσης των υλικών και συστατικών αφορά κανονικά την εγκυρότητα των ελέγχων που έγιναν σύμφωνα με την παρ. 21.2.2.

21.3.3 Έλεγχος συμμόρφωσης του σκυροδέματος

Η παράγραφος αυτή αφορά τον έλεγχο της ποιότητας του σκυροδέματος στην κατάσταση που βρίσκεται τούτο αμέσως πριν από την χρήση του. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με σκοπό την αποδοχή του.

Τα θέματα τα σχετικά με:

- μεθόδους προδιαγραφής και δοκιμών ελέγχου σκυροδέματος,
- μεθόδους δειγματολοψίας και δοκιμής,
- εκτίμησης της αντοχής του σκυροδέματος,
- αξιοπιστία των προτύπων δοκιμών αντοχής

διέπονται από τις αντίστοιχες διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ. παρ. 13).

21.3.4 Έλεγχος της τελειωμένης κατασκευής

Ο έλεγχος αυτός συνίσταται στην οπτική επιθεώρηση και τον έλεγχο διαστάσεων.

Ανάλογα με το είδος και την προβλεπόμενη χρήση της κατασκευής ίσως απαιτηθούν πρόσθετοι έλεγχοι.

21.4 ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

21.4.1 Γενικά

Η αποδοχή της κατασκευής περιλαμβάνει χωριστές αποφάσεις για κάθε τμήμα του έργου (αντίστοιχο των παρτίδων σκυροδέματος) που υπόκειται σε έλεγχο και αποδοχή, και μια απόφαση για την συμπεριφορά του έργου ως συνόλου.

21.4.2 Μέτρα που λαμβάνονται σε περίπτωση μή συμμόρφωσης

Αν η επιθεώρηση ή τα αποτελέσματα των δοκιμών δημιουργούν αμφιβολίες για την ποιότητα του έργου, πρέπει να γίνεται ειδικός έλεγχος. Αυτός περιλαμβάνει τον έλεγχο της αξιοπιστίας των στοιχείων που έχουν ληφθεί και την εκτίμηση της πραγματικής αντοχής και συμπεριφοράς της κατασκευής, με πιθανή προσφυγή σε ακριβέστερες μεθόδους υπολογισμού.

Επίσης μπορεί να γίνει και πειραματικός έλεγχος της κατασκευής.

Αν τελικά τα αποτελέσματα των δοκιμών ελέγχου του σκυροδέματος δεν είναι ικανοποιητικά, πρέπει να ακολουθούνται οι ενέργειες που αναφέρονται στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

21.4.3 Στοιχεία του έργου

Κατά την παραλαβή του έργου διαβιβάζονται στον κύριο του έργου όλα τα έγγραφα και άλλα στοιχεία που αφορούν την κατασκευή του έργου, όπως αυτή πραγματικά εκτελέσθηκε.

22. ΣΥΝΤΗΡΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

22.1 Γενικά

Οι κατασκευές πρέπει να συντηρούνται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή και η λειτουργικότητα που αναμένεται από αυτές και για την οποία μελετήθηκαν. Όταν, παρ' όλα αυτά, διαπιστωθούν ζημιές και βλάβες σε βαθμό τέτοιο που η χρήση του έργου να συνεπάγεται κινδύνους, πρέπει να γίνονται επισκευές.

22.2 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Οι επιθεωρήσεις έχουν σκοπό να ανιχνεύσουν την ενδεχόμενη εμφάνιση βλαβών, στην διάρκεια της ζωής του έργου. Έργα μεγάλης σημασίας που βρίσκονται σε ειδικό περιβάλλον, πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά, και αν είναι απαραίτητο με ειδικά όργανα ελέγχου που έχουν ενσωματωθεί κατά την κατασκευή.

22.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ

Αλλαγές χρώματος, διάρρηξη - εκτίναξη του σκυροδέματος, διαρροές, σκουριά κ.λ.π. από την μια, και ρωγμές ή υπερβολικές παραμορφώσεις από την άλλη, μπορούν να είναι ενδείξεις σοβαρής βλάβης.

Αν υπάρχουν υπόνοιες σοβαρής βλάβης είναι αναγκαία η συνδρομή εμπειρογνώμονα για να αναλυθεί η αιτία, να αποτιμηθούν οι βλάβες και να δοθούν οδηγίες για την επισκευή, αν χρειάζεται.

22.4 ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ

Καμμιά οριστική επισκευή δεν πρέπει να γίνεται πριν ανακαλυφθεί η αιτία της βλάβης και πριν εξουδετερωθεί αυτή με κατάλληλο τρόπο.

22.5 ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ

Η μελέτη και το πρόγραμμα επισκευών πρέπει να καλύπτονται και από δοκιμές αν χρειαστεί.

Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η επισκευασθείσα κατασκευή παρέχει ασφάλεια τουλάχιστον ίση με την ασφάλεια που απαιτείται στις νέες κατασκευές, που μελετώνται και κατασκευάζονται σύμφωνα με τον παρόντα Κανονισμό.

ΣΥΜΒΟΛΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΛΑΤΙΝΙΚΑ

A_c = εμβαδό διατομής στοιχείου εκ σκυροδέματος (Κεφ. 10)

A_{c0}, A_{c1} = φορτιζόμενη επιφάνεια και ενεργός φορτιζόμενης τοπικώς επιφάνεια (Κεφ. 18)

A_{ef} = εμβαδό που περικλείεται από τη πολυγωνική γραμμή με κορυφές τα κέντρα των διαμήκων ράβδων της διατομής (Κεφ. 12)

A_l = συνολικό εμβαδό διαμήκων ράβδων στρέψης (Κεφ. 12)

A_p = εμβαδό διατομής τένοντα προέντασης (Κεφ. 10)

A_{pl} = συνολικό εμβαδό διαμήκων τενόντων προέντασης (Κεφ. 12)

A_s = εμβαδό διατομής διαμήκους οπλισμού (Κεφ. 10). Η μεγαλύτερη από τις διατομές ράβδων που συγκολλούνται στα πλέγματα (Κεφ. 3). Επιφάνεια συνδετήρα που ισορροπεί την στρεπτική ροπή (Κεφ. 8)

$A_{s,cal}$ = απαιτούμενη από τον υπολογισμό διατομή οπλισμού (Κεφ. 17)

$A_{s,ef}$ = υπάρχουσα διατομή οπλισμού (Κεφ. 17)

A_{sf} = εμβαδό εγκάρσιου οπλισμού πελμάτων (Κεφ. 11)

A_{sl}, A_{st} = διατομή διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού (Κεφ. 17)

A_{sw} = εμβαδό διατομής οπλισμού διάτμησης (Κεφ. 11)

A_{sx}, A_{sy} = εμβαδό οπλισμού πλάκας κατά x και y (Κεφ. 18)

A_{tot} = εμβαδό θλιβόμενης ζώνης πλακοδοκού, ή εμβαδό διαμήκων εφελκυόμενων οπλισμών στο πέλμα πλακοδοκού (Κεφ. 11)

A_1 = εμβαδό σκυροδέματος του ενός πτερυγίου του πέλματος πλακοδοκού, ή εμβαδό διαμήκων οπλισμών εντός του πτερυγίου (Κεφ. 11)

C = στρεπτική ροπή αδρανείας στη μη ρηγματωμένη διατομή (Κεφ. 8). Σταθερά στρέψης συνεργαζόμενης λωρίδας πλάκας (Κεφ. 9)

D = διάμετρος καμπύλωσης αγκίστρων, αναβολέων και συνδετήρων (Κεφ. 17)

E = τιμή οριζόντιου φορτίου λόγω σεισμού (Κεφ. 6)

E_c = μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος (Κεφ. 2)

$E_{c,j}$ = μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος την στιγμή εφαρμογής των φορτίων (Κεφ. 4)

E_{cm} = μέση τιμή επιβατικού μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος (Κεφ. 2)

E_{c28} = μέση τιμή επιβατικού μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος σε ηλικία 28 ημερών (Κεφ. 2)

$E_c(t_o)$ = αρχική τιμή του μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος σε ηλικία t_o (Κεφ. 2)

E_s = μέτρο ελαστικότητας χάλυβα (Κεφ. 3)

F = τυχηματική δράση (Κεφ. 6)

F_d = τιμή σχεδιασμού τυχηματικών δράσεων (Κεφ. 6). Δράση σχεδιασμού υποστυλώματος (Κεφ. 14)

$F_{d,max}$ = μέγιστη διαμήκης δύναμη που ενεργεί στο ένα πτερύγιο πλακοδοκού (Κεφ. 11)

F_k = χαρακτηριστική τιμή τυχηματικών δράσεων (Κεφ. 6)

F_t = καμπύλη διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων δοκού (Κεφ. 17)

F_v = άθροισμα κατακόρυφων φορτίων λειτουργίας (Κεφ. 14)

F_{xd}, F_{yd} = δράσεις σχεδιασμού υποστυλώματος που προκαλούν κάμψη στις δύο κύριες διευθύνσεις x και y (Κεφ. 14)

G = μόνιμες δράσεις (Κεφ. 6)

G_d = τιμή σχεδιασμού μονιμων δράσεων (Κεφ. 6)

G_k = χαρακτηριστική τιμή μονίμων δράσεων (Κεφ. 6)

G_1 = μόνιμες δράσεις που συμβάλλουν στην ευστάθεια (Κεφ. 6)

G_2 = μόνιμες δράσεις που δεν συμβάλλουν στην ευστάθεια (Κεφ. 6)

H = πλευρικές πιέσεις (Κεφ. 6)

I = ροπή αδρανείας διατομής (Κεφ. 14)

I_b = ροπή αδρανείας δοκού (Κεφ. 9)

$I_{c,min}$ = ελάχιστη κύρια ροπή αδρανείας υποστυλώματος (Κεφ. 14)

I_s = ροπή αδρανείας πλάκας (Κεφ. 9)

K = δυστρεψία (Κεφ. 8)

K^o_{ef} = ενεργός δυσκαμψία άνω υποστυλώματος (Κεφ. 9)

K^u_{ef} = ενεργός δυσκαμψία κάτω υποστυλώματος (Κεφ. 9)

K^o = πραγματική δυσκαμψία άνω υποστυλώματος (Κεφ. 9)

K^u = πραγματική δυσκαμψία κάτω υποστυλώματος (Κεφ. 9)

K^t = δυστρεψία συνεργαζόμενης λωρίδας της πλάκας

K_I = δυστρεψία σταδίου I (κεφ. 8)

K_{IIm} = δυστρεψία σταδίου II, καμπτικές ρωγμές (Κεφ. 8)

K_{IIt} = δυστρεψία σταδίου II, ρωγμές λόγω στρέψης και τέμνουσας (Κεφ. 8)

M = ροπή κάμψης (Κεφ. 10)

M_x, M_y = καμπτικές ροπές σχεδιασμού υποστυλώματος κατά τις κύριες διευθύνσεις x και y (Κεφ. 14)

M_d = καμπτική ροπή σχεδιασμού (Κεφ. 16)

M_F = καμπτική ροπή ανοίγματος φατνώματος

M_o = συνολική ροπή φατνώματος (Κεφ. 9) Ροπή απόθλιψης (Κεφ. 11)

M_{pd} = καμπτική ροπή σχεδιασμού λόγω προέντασης (Κεφ. 11)

M_{Rd} = καμπτική ροπή σχεδιασμού αντοχής (Κεφ. 11)

M_r = καμπτική ροπή ρηγμάτωσης (Κεφ. 16)

M_s = ροπή στήριξης φατνώματος (Κεφ. 9)

M_{Sd} = δρώσα καμπτική ροπή σχεδιασμού (Κεφ. 10)

M_{Sdu} = μέγιστη δρώσα καμπτική ροπή σχεδιασμού (Κεφ. 11)

M_{Sdl} = καμπτική ροπή σχεδιασμού πρώτης τάξης (Κεφ. 14)

M_{ser} = καμπτική ροπή λειτουργικότητας (Κεφ. 15)

M_u = καμπτική ροπή αστοχίας (Κεφ. 15)

N = αξονική δύναμη (Κεφ. 10)

N_c = θλιπτική αντοχή διατομής σκυροδέματος (Κεφ. 14)

N_d = αξονική θλιπτική δύναμη σχεδιασμού υποστυλώματος (Κεφ. 14)

$N_{g,k}$ = αντιπροσωπευτική τιμή αξονικής δύναμης υποστυλώματος λόγω μακροχρονίων ερπυστικών δράσεων (Κεφ. 14)

$N_{g+q,k}$ = αντιπροσωπευτική τιμή αξονικής δύναμης υποστυλώματος λόγω του συνόλου των δράσεων (Κεφ. 14)

N_{kd} = αξονική θλιπτική δύναμη σχεδιασμού λόγω μακροχρόνιων ερπυστικών δράσεων (Κεφ. 14)

N_{Rd} = αξονική δύναμη σχεδιασμού αντοχής (Κεφ. 10)

N_{Sd} = δρώσα αξονική δύναμη σχεδιασμού (Κεφ.10)

P = δύναμη προέντασης

P_d, P_k = τιμή σχεδιασμού και χαρακτηριστική τιμή της δύναμης προέντασης (Κεφ. 6)

P_o = αρχική δύναμη προέντασης (t = 0) στο άκρο (x = 0) (Κεφ. 4)

Q = μεταβλητές δράσεις (Κεφ. 6)

Q_d, Q_k = τιμή σχεδιασμού και χαρακτηριστική τιμή των μεταβλητών δράσεων (Κεφ. 6)

R_d, R_k = τιμή σχεδιασμού και χαρακτηριστική τιμή αντοχή ενός μεγέθους (Κεφ. 6)

RH = σχετική υγρασία

S_d, S_k = τιμή σχεδιασμού και χαρακτηριστική τιμή δράσεων (Κεφ. 6)

T = μέση ημερήσια θερμοκρασία σκυροδέματος (Κεφ. 2) Δομική επιρροή (Κεφ. 6). Ροπή στρέψης (Κεφ. 8)

$T_{ef,d}$ = στρεπτική ροπή αντοχής λόγω του ιδεατού χωρικού δικτυώματος (Κεφ. 12)

T_{cd} = στρεπτική ροπή αντοχής λόγω σκυροδέματος (Κεφ. 12)

T_{Rd} = τιμή σχεδιασμού αντοχής σε ροπή στρέψης (Κεφ. 12)

T_{Sd} = τιμή σχεδιασμού δρώσας ροπής στρέψης (Κεφ. 12)

V = τέμνουσα δύναμη (Κεφ. 8,11)

V_{cd} = τέμνουσα δύναμη που παραλαμβάνεται από το θλιβόμενο πέλμα (Κεφ. 11)

V_{col} = τέμνουσα δύναμη υποστυλώματος στον κόμβο (Κεφ. 18)

V_{Sh} = οριζόντια τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού κόμβου (Κεφ. 18)

V_{Rd} = τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού (Κεφ. 11)

V_{Sd} = δρώσα τέμνουσα σχεδιασμού (Κεφ. 11)

V_{Spd} = τέμνουσα σχεδιασμού λόγω προέντασης (Κεφ. 11)

V_{Swd} = τέμνουσα που παραλαμβάνεται από το κορμό (Κεφ. 11)

W = ροπή αντίστασης κρίσιμης διατομής διάτρησης (Κεφ. 13). Ροπή αντίστασης διατομής (Κεφ. 11)

W_c = ροπή αντίστασης διατομής σκυροδέματος (Κεφ. 16)

W_k = χαρακτηριστική τιμή δράσης ανέμου (Κεφ. 6)

Z = διορθωμένος μοχλοβραχίονας δυνάμεων (Κεφ. 18)

ΜΙΚΡΑ ΛΑΤΙΝΙΚΑ

a = βέλος κάμψης (Κεφ. 16), συντελεστής μήκους αγκύρωσης (Κεφ. 17)

a_c = ελαστικό βέλος κάμψης (Κεφ. 16)

a_{cs} = βέλος κάμψης λόγω συστολής ξήρανσης (Κεφ. 16)

a_L = αξονική απόσταση επιμήκων νευρώσεων πλάκας (Κεφ. 18)

a_l = μήκος μετατόπισης διαγράμματος ροπών κάμψης και εφελκυστικών δυνάμεων (Κεφ. 11,17)

a_t = βέλος κάμψης σε χρόνο t (Κεφ. 16)

a_v = απόσταση μεταξύ διαδοχικών σημείων μηδενικής και μέγιστης ροπής κάμψης (Κεφ. 11). Απόσταση συγκεντρωμένου φορτίου από τον άξονα στήριξης (Κεφ. 11)

a_o = βέλος κάμψης σε χρόνο t = 0 (Κεφ. 16). Μήκος επιβολής τοπικού φορτίου (Κεφ. 18)

a_l = βάθος διανομής τοπικού φορτίου και περιοχή όπλισης (Κεφ. 18). Συντελεστής μήκους υπερκάλυψης (Κεφ. 17)

a_I = βέλος πρώτης τάξης (Κεφ. 14)

a_{II} = βέλος δεύτερης τάξης (Κεφ. 14)

b = πλάτος στοιχείου (Κεφ. 11)

b_m = συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκού (Κεφ. 8). Υπολογιστικό πλάτος διανομής συγκεντρωμένου φορτίου (Κεφ. 9)

b_{m1}, b_{m2} = διάσταση πτερυγίων πλακοδοκού (Κεφ. 8)

b_t = μέσο πλάτος εφελκυόμενης ζώνης (Κεφ. 18)

b_x, b_y = διαστάσεις της περιμέτρου κατά τις διευθύνσεις x και y, παράλληλες προς την φορτιζόμενη επιφάνεια (Κεφ. 13)

b_w = πλάτος κορμού δοκού (Κεφ. 8)

b_o = διάσταση επιφάνειας εφαρμογής συγκεντρωμένου φορτίου (Κεφ. 9). Διάσταση υποστυλώματος (Κεφ. 9)

b_1, b_2 = καθαρά ανοίγματα πλακών μεταξύ δοκών (Κεφ. 8). Πλευρές του ορθογώνιου που περιγράφεται στην κρίσιμη διατομή με το b_1 παράλληλο προς τη διεύθυνση της εκκεντρότητας (Κεφ. 13)

c = διάμετρος κύκλου φορτιζόμενης επιφάνειας (Κεφ. 13). Επικάλυψη σκυροδέματος (Κεφ. 5). Μήκος ακραίας λωρίδας πλάκας (Κεφ. 18)

c_h, c_v = ελάχιστες κατακόρυφες και οριζόντιες αποστάσεις τενόντων (Κεφ. 17)

d = στατικό ύψος διατομής (Κεφ. 10)

d_{ef} = διάμετρος μέγιστου εγγεγραμμένου κύκλου στην πολυγωνική γραμμή με κορυφές τα κέντρα των διαμήκων ράβδων της διατομής (Κεφ. 12)

d_x, d_y = στατικά ύψη x και y, αντίστοιχα (Κεφ. 13)

d_g = μέγιστη διάσταση αδρανών σκυροδέματος

d_o = διάσταση υποστυλώματος (Κεφ. 9). Απόσταση ακραίου εφελκυόμενου από ακραίο θλιβόμενο οπλισμό διατομής (Κεφ. 14)

e = εκκεντρότητα (Κεφ. 13)

e_a = πρόσθετη εκκεντρότητα (Κεφ. 14)

e_c = πρόσθετο βέλος λόγω ερπυστικής παραμόρφωσης (Κεφ. 14)

e_{tot} = ολική εκκεντρότητα (Κεφ. 14)

e_x, e_y = εκκεντρότητα κατά x και y (Κεφ. 13,14)

e_{x1}, e_{x2} = πρόσθετες εκκεντρότητες παράλληλα προς το ύψος h και το πλάτος b ορθογωνικής διατομής (Κεφ. 14)

e_o = εκκεντρότητα πρώτης τάξης (Κεφ. 14)

e_{01}, e_{02} = εκκεντρότητες πρώτης τάξης στα δύο άκρα

e_1 = ολική εκκεντρότητα πρώτης τάξης (Κεφ. 14)

e_{1g} = εκκεντρότητα πρώτης τάξης λόγω μακροχρόνιων ερπυστικών δράσεων (Κεφ. 14)

e_2 = εκκεντρότητα δεύτερης τάξης, μέγιστο βέλος δεύτερης τάξης προτύπου υποστυλώματος (Κεφ. 14)

e_{21}, e_{22} = εκκεντρότητες δεύτερης τάξης παράλληλα προς το ύψος h και το πλάτος b ορθογωνική διατομής

f_b = μέγιστη τάση συνάφειας χάλυβα (Κεφ. 3)

f_{bd} = οριακή τάση συνάφειας (Κεφ. 17)

f_{cd}, f_{ck} = θλιπτική αντοχή σχεδιασμού και χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ. 2,10)

f_{ckj} = χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος σε ηλικία j (Κεφ. 2)

f_{cm} = μέση θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ. 2)

f_{ct} = εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ. 2)

$f_{ctk0,05}$ = χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος για ποσοστημόριο αστοχίας 5% (Κεφ. 2)

$f_{ctk0,95}$ = χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος για ποσοστημόριο αστοχίας 95% (Κεφ. 2)

f_{ctm} = μέση εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος (Κεφ. 2)

$f_c(t_o)$ = θλιπτική αντοχή σκυροδέματος σε χρόνο t_o (Κεφ. 2)

f_c = θλιπτική αντοχή σκυροδέματος σε χρόνο t = (Κεφ. 2)

f_d, f_k = αντοχή σχεδιασμού, χαρακτηριστική αντοχή υλικού (Κεφ. 6)

f_{pk} = χαρακτηριστική αντοχή τενόντων προέντασης (Κεφ. 12)

f_{ptk} = χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή τένοντα προέντασης (Κεφ. 3)

f_{pwd}, f_{pwk} = αντοχή σχεδιασμού και χαρακτηριστική αντοχή προεντεταμένων συνδετήρων (Κεφ. 11)

$f_{p0,1k}$ = χαρακτηριστική αντοχή τένοντα προέντασης (Κεφ. 3)

f_{st} = εφελκυστική αντοχή χάλυβα που προσδιορίζεται από δοκιμές εφελκυσμού (Κεφ. 3,17)

f_y = όριο διαρροής χάλυβα (Κεφ. 3)
f_{yd}, f_{yk} = αντοχή σχεδιασμού και χαρακτηριστική αντοχή χάλυβα (Κεφ. 3,10)
f_{ykc}, f_{ykt} = θλιπτική και εφελκυστική χαρακτηριστική αντοχή χάλυβα (Κεφ. 3)
f_{ylk} = χαρακτηριστική αντοχή διαμήκους οπλισμού (Κεφ. 12)
$f_{y,obs}$ = όριο διαρροής χάλυβα όπως προκύπτει από δοκιμές εφελκυσμού (Κεφ. 3)
f_{ywd}, f_{ywk} = τάση σχεδιασμού και χαρακτηριστική τάση οπλισμού διάτμησης (Κεφ. 11)
$f_{0,2}$ = συμβατικό όριο διαρροής χάλυβα που αντιστοιχεί σε παραμένουσα παραμόρφωση 0,2% (Κεφ. 3)
g_d = τιμή σχεδιασμού μονίμου κατακορύφου κατανεμημένου φορτίου (Κεφ. 9)
h = ολικό ύψος στοιχείου (Κεφ. 10)
h_{cr} = ύψος κρίσιμης περιοχής τοιχώματος (Κεφ. 18)
h_f = ολικό ύψος πέλματος πλακοδοκού (Κεφ. 8,11)
h_o = ύψος υποστυλώματος άνωθεν εξεταζόμενου ορόφου (Κεφ. 9). Ύψος πλάκας με νευρώσεις (Κεφ. 18)
h_s = ολικό ύψος πλάκας (Κεφ. 9)
h_u = ύψος υποστυλώματος κάτωθεν εξεταζόμενου ορόφου (Κεφ. 9)
h_w = κρέμαση δοκού (Κεφ. 9)
h = κατακόρυφη διάσταση διαπλάτυνσης κεφαλής πέραν της περιμέτρου του υποστυλώματος (Κεφ. 13)
i = ελάχιστη ακτίνα αδρανείας διατομής (Κεφ. 14)
k_t = διορθωτικός συντελεστής για την εύρεση του βέλους κάμψης σε χρόνο t
l = διάσταση στοιχείου (Κεφ. 5). Θεωρητικό άνοιγμα στοιχείου (Κεφ. 7)
l_b = βασικό μήκος αγκύρωσης (Κεφ. 17)
$l_{b,net}$ = μήκος αγκύρωσης (Κεφ. 17)
l_{bp} = μήκος αγκύρωσης τένοντα (Κεφ. 4,17)
l_{bpd} = τιμή σχεδιασμού μήκους αγκύρωσης τένοντα (Κεφ. 4)
l_{cr} = μήκος κρίσιμης περιοχής υποστυλώματος ή δοκού (Κεφ. 18)
l_n = απόσταση μεταξύ παρειών στηρίξεων, καθαρό άνοιγμα στοιχείων (Κεφ. 7)
$l_{p,ef}$ = μήκος ανάπτυξης προέντασης σε ορθογωνική διατομή (Κεφ. 4)
l_x, l_y = μήκος ανοίγματος φατνώματος κατά x και y μετρούμενο μεταξύ των αξόνων των υποστυλωμάτων (Κεφ. 9)
l_{xn}, l_{yn} = καθαρό μήκος ανοίγματος φατνώματος κατά x και y (Κεφ. 9)
l_w = μήκος τοιχώματος στην οριζόντια διεύθυνση (Κεφ. 9)
l_o = απόσταση μεταξύ διαδοχικών σημείων μηδενικής ροπής κάμψης (Κεφ. 8). Μήκος λυγισμού (Κεφ. 14)
l_1, l_2 = διαστάσεις ορθογωνικής οπής πλάκας (Κεφ. 13)
l' = οριζόντια διάσταση διαπλάτυνσης κεφαλής πέραν της περιμέτρου του υποστυλώματος (Κεφ. 13)
l'_x = πλάτος συνεργαζόμενης λωρίδας πλάκας στην διεύθυνση y (Κεφ. 9)
m_f = ροπή κάμψης ανοίγματος ανά μονάδα μήκους
m_s = ροπή κάμψης στηρίγματος ανά μονάδα μήκους
n = ποσοστό της ροπής που μεταβιβάζεται από την πλάκα (χωρίς δοκούς) στο υποστύλωμα μέσω διατμητικών τάσεων (Κεφ. 13)
n, n_1, n_2 = αριθμός ράβδων, τενόντων, οπλισμών κ.τ.λ. (Κεφ. 17)
p = τιμή κατανεμημένου φορτίου για δυσμενείς φορτίσεις πλακών (Κεφ. 18)
q_d = τιμή σχεδιασμού κινητού, κατακόρυφου, κατανενημένου φορτίου (Κεφ. 9)
r = ακτίνα καμπυλότητας (Κεφ. 14,16)
s = απόσταση μεταξύ οπλισμών διάτμησης (κεφ. 9,11,12,17,18) πάχος επικάλυψης πλάκας (Κεφ. 9)
s_l, s_t = απόσταση διαμήκων και εγκάρσιων οπλισμών (Κεφ. 17)
t = χρόνος παρατήρησης φαινομένου, διορθωμένη ηλικία σκυροδέματος (Κεφ. 2). Πλάτος έδρασης (κεφ. 7). Πλάτος εισαγωγής συγκεντρωμένου φορτίου (Κεφ. 9)
t_o = χρονική αφετηρία παρατήρησης φαινομένου
t_x, t_y = πλάτος εισαγωγής συγκεντρωμένου φορτίου κατά x και y (Κεφ. 9)
u = περίμετρος διατομής που είναι σε επαφή με το περιβάλλον (Κεφ. 2). Περίμετρος κρίσιμης διατομής (Κεφ. 13)
u_{ef} = μήκος πολυγωνικής γραμμής με κορυφές τα κέντρα των διαμήκων ράβδων της διατομής (Κεφ. 12)
v = τέμνουσα στο στήριγμα ανά μονάδα μήκους (Κεφ. 9)
v_{Rd}, v_{Sd} = τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού και δρώσα τέμνουσα σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους (Κεφ. 11,13)
w = κατανεμημένη φόρτιση δοκού (Κεφ. 8)
x = ύψος θλιβόμενης ζώνης στοιχείου (Κεφ. 10,11)
x_o = ύψος θλιβόμενης ζώνης στην περίπτωση καθαρής κάμψης (Κεφ. 11)
x_{II} = ύψος θλιβόμενης ζώνης σταδίου II
z = μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων διατομής (Κεφ. 11)

ΕΛΛΗΝΙΚΑ

α = συντελεστής για τη διόρθωση της ηλικίας του σκυροδέματος (Κεφ. 2). Άθροισμα γωνιακών αποκλίσεων στο μήκος x (Κεφ. 4). Λόγος μέτρων ελαστικότητςα χάλυβα και σκυροδέματος (Κεφ. 4,7). Γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης (Κεφ. 11). Πρόσθετη κλίση (Κεφ. 14). Λόγος ερπυστικής προς την ολική αξονική δύναμη σχεδιασμού (Κεφ. 14). Λόγος μεταξύ θεωρητικού-ιδεατού και πραγματικού μήκους στοιχείου (Κεφ. 16)
α_i = διορθωτικός προσθετικός όρος για την εύρεση του θεωρητικού ανοίγματος στοιχείου (Κεφ. 7)
α_p = γωνία κλίσης τένοντα προέντασης ως προς τον άξονα του στοιχείου (Κεφ. 13)
α_T = Συντελεστής θερμοκρασιακής διαστολής σκυροδέματος (Κεφ. 6)
β = γωνία διατομής της δύναμης προέντασης (Κεφ. 4). Πολλαπλασιαστικός συντελεστής της αντοχής (Κεφ. 11). Λόγος της ερπυστικής προς την ολική ροπή πρώτης τάξης στην κρίσιμη διατομή (Κεφ. 14)
β_c = λόγος της μεγάλης προς την μικρή πλευρά φορτιζόμενης επιφάνειας (Κεφ. 13)
$\beta_a, \beta_d, \beta_f$ = συναρτήσεις για τον προσδιορισμό του συντελεστή ερπυσμού του σκυροδέματος (Κεφ. 2)
β_p = πολλαπλασιαστικός συντελεστής της αντοχής σε διάτρηση (Κεφ. 13)
β_s = συνάρτηση για τον προσδιορισμό της συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος (Κεφ. 2)
β_{Td} = θερμοκρασιακή κλίση (Κεφ. 6)
β_1 = πολλαπλασιαστικός συντελεστής της τέμνουσας αντοχής λόγω ορθών θλιπτικών δυνάμεων (Κεφ. 11)
β_2 = πολλαπλασιαστικός συντελεστής της τέμνουσας αντοχής λόγω γειτονίας φορτίου και στηριγμάτων (Κεφ. 11)
β_I, β_{II} = συντελεστής μήκους υπερκάλυψης στις περιοχές συνάφειας I και II (Κεφ. 17)
γ_c = επιμέρους συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος (Κεφ. 6)

γ_g = επιμέρους συντελεστής ασφαλείας μονίμων δράσεων (Κεφ. 6)

γ_m = επιμέρους συντελεστής ασφαλείας υλικού (Κεφ. 6)

γ_n = αυξητικός συντελεστής επί των γ_c και γ_s (Κεφ. 10). Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας ερπυσμού (Κεφ. 14)

γ_p = επιμέρους συντελεστής ασφαλείας προέντασης (Κεφ. 6)

γ_q = επιμέρους συντελεστής ασφαλείας μεταβλητών δράσεων (Κεφ. 6)

γ_s = επιμέρους συντελεστής ασφαλείας χάλυβα (Κεφ. 6)

ΔA_{sl} = εμβαδό πρόσθετου οπλισμού λόγω μετατόπισης διαγράμματος ροπών κάμψης (Κεφ. 11)

ΔF_{tl} = πρόσθετη εφελκυστική δύναμη οπλισμού λόγω μετατόπισης του διαγράμματος των ροπών κάμψης (Κεφ. 11)

Δ_l = ανοχή διάστασης στοιχείου (Κεφ. 5)

$\Delta P_{t(x)}$ = χρόνιες απώλειες προέντασης σε χρόνο t στη διατομή x (Κεφ. 4)

Δ_m = μέσος αριθμός ημερών με μέση θερμοκρασία T_m (Κεφ. 2)

ΔT_{md} = ομοιόμορφη μεταβολή θερμοκρασίας (Κεφ. 6)

ΔT_s = λογιστική ομοιόμορφη πτώση θερμοκρασίας για συστολή ξήρανσης (Κεφ. 6)

$\Delta\varepsilon_p$ = πρόσθετη παραμόρφωση του χάλυβα προέντασης (Κεφ. 10)

$\Delta\sigma_{po}(x)$ = απώλειες προέντασης λόγω τριβής στη διατομή x (Κεφ. 4)

$\Delta\sigma_{p02}$ = απώλειες προέντασης λόγω στιγμιαίας παραμόρφωσης του σκυροδέματος (Κεφ. 4)

$\Delta\sigma_{pr}$ = μεταβολή τάσης τενόντων λόγω χαλάρωσης (Κεφ. 4)

$\Delta\sigma_{pw}$ = πρόσθετη τάση προεντεταμένων συνδετήρων πέραν της προέντασης (Κεφ. 11)

$\Delta\sigma_p$ = τελικές απώλειες προέντασης λόγω ερπυσμού, συστολής ξήρανσης και χαλάρωσης τενόντων (Κεφ. 4)

$\Delta\sigma_{p,rel}$ = απώλειες προέντασης λόγω χαλάρωσης (Κεφ. 3)

$\Delta\sigma_{p,rel,\infty}$ = τελικές απώλειες προέντασης λόγω χαλάρωσης των τενόντων (Κεφ. 4)

$\Delta\sigma_{p,c+s,\infty}$ = τελικές απώλειες προέντασης λόγω ερπυσμού και συστολής ξήρανσης (Κεφ. 4)

$\Delta\sigma_{pc+s+r}$ = απώλειες προέντασης λόγω συστολής ξήραμσης, ερπυσμού του σκυροδέματος και χαλάρωσης των τενόντων (Κεφ. 4)

$\Delta\sigma(t_i)$ = μεταβολή τάσης την στιγμή t_i (Κεφ. 2)

ε_c = ανηγμένη παραμόρφωση σκυροδέματος (Κεφ. 2)

$\varepsilon_{cc}(t, t_0)$ = ερπυστική ανηγμ. παραμόρφωση σκυροδέματος σε χρόνο $t > t_o$ (Κεφ. 2)

$\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ = συντελεστής συστολής ξήρανσης σκυροδέματος σε χρόνο $t > t_o$ (Κεφ. 2)

$\varepsilon_{c\infty}$ = τελική βράχυνση σκυροδέματος λόγω ερπυσμού (Κεφ. 4)

$\varepsilon_n(t)$ = ανηγμένη παραμόρφωση σκυροδέματος ανεξάρτητη από την τάση σε χρόνο t (κεφ. 2)

ε_p = ανηγμ. παραμόρφωση τένοντα (Κεφ. 4)

ε_{pd} = ανηγμ. παραμόρφωση τένοντα που αντιστοιχεί σε τάση $f_{p0,1k}/\gamma_m$

ε_s = ανηγμένη παραμόρφωση χάλυβα (Κεφ. 9,10)

$\varepsilon_{s0},\varepsilon_{s1},\varepsilon_{s2}$ = συντελεστές για τον προσδιορισμό της συστολής ξήρανσης σκυροδέματος (Κεφ. 2)

ε_{sm} = μέση επιμήκυνση του οπλισμού στην περιοχή ενεργού επιρροής (Κεφ. 15)

$\varepsilon_{s\infty}$ = τελική βράχυνση σκυροδέματος λόγω συστολής ξήρανσης (Κεφ. 4)

$\varepsilon_{tot}(t,t_o)$ = ολική ανηγμένη παραμόρφωση σκυροδέματος σεχρόνο $t\text{-}t_o$ (Κεφ. 2)

ε_y = ανηγμένη παραμόρφωση χάλυβα κατά τη διαρροή (Κεφ. 9)

ζ = λόγος μέγιστης προς ελάχιστη τέμνουσας δύναμης σε διατομή (Κεφ. 8,11)

η = διορθωτικός συντελεστής για την εύρεση βέλους κάμψης (Κεφ. 16)

θ = γωνία στροφής (Κεφ. 8). Γωνία κλίσης θλιβομένων διαγωνίων σκυροδέματος (Κεφ. 11). Συντελεστής ευσταθείας (Κεφ. 14)

θ_{pl} = πλαστική στροφή (Κεφ. 8)

κ = συντελεστής της διατμητικής αντοχής χωρίς ειδικό οπλισμό διάτμησης ή διάτρησης (Κεφ. 11,13)

λ = συντελεστής για τον προσδιορισμό του ιδεατού πάχους στοιχείου (κεφ. 2). Λυγηρότητα (Κεφ. 14)

μ = συντελεστής τριβής μεταξύ τένοντα - σωλήνα (Κεφ. 4)

μ_d = καμπτική ροπή ανηγμένη στην επιφάνεια της διατομής του σκυροδέματος, στο ύψος της διατομής και στην αντοχή του σκυροδέματος (Κεφ. 10)

ν = ανηγμένη αξονική δύναμη (Κεφ. 14)

ν_d = αξονική δύναμη σχεδιασμού ανηγμένη στην επιφάνεια της διατομής και στην αντοχή του σκυροδέματος (Κεφ. 10)

ν_k = ανηγμένη αξονική δύναμη ερπυσμού (Κεφ. 14)

ξ = λόγος του ύψους της θλιβόμενης ζώνης προς το στατικό ύψος διατομής (Κεφ. 8)

ρ = ποσοστό εφελκυόμενου οπλισμού (Κεφ. 16)

ρ' = ποσοστό θλιβόμενου οπλισμού (Κεφ. 16)

ρ_l = ποσοστό διαμήκους οπλισμού (Κεφ. 11)

ρ_{lx},ρ_{ly} = ποσοστά οπλισμού κατά x και y (Κεφ. 13)

ρ_r = ποσοστό οπλισμού στη ζώνη ενεργού επιρροής (Κεφ. 15)

ρ_w = ποσοστό οπλισμού διάτμησης (Κεφ. 18)

Σ = σύμβολο άθροισης

σ_o = τάση σκυροδέματος (Κεφ. 2)

$\sigma_c(x)$ = τάση σκυροδέματος στη διατομή (Κεφ. 4)

σ_{cg} = τάση σκυροδέματος στη θέση των τενόντων λόγω ιδίου βάρους και άλλων μονίμων δράσεων (Κεφ. 2)

σ_{co} = σταθερή τάση σκυροδέματος που εφαρμόζεται την στιγμή t_o (Κεφ. 2)

σ_{cpo} = αρχική τάση σκυροδέματος στη θέση των τενόντων λόγω προέντασης μόνο (Κεφ. 4)

σ_d,σ_k = τάση σχεδιασμού και χαρακτηριστική τάση υλικού (Κεφ. 6)

σ_{pl} = μόνιμη τάση τενόντων προέντασης (Κεφ. 12)

σ_{po} = αρχική τάση προέντασης (Κεφ. 3)

$\sigma_{po}(x)$ = τάση τένοντα στη διατομή x (Κεφ. 4)

σ_{pw} = τάση προεντεταμένων συνδετήρων μετά τις απώλειες (Κεφ. 11)

σ_{pwk} = χαρακτηριστική αντοχή προεντεταμένων σύνδετήρων (Κεφ. 11)

σ_s = τάση χάλυβα (Κεφ. 3)

σ_{spo} = αρχική τάση τένοντα λόγω προέντασης μόνο (Κεφ. 4)

σ_{sr} = τάση του χάλυβα την στιγμή ρηγμάτωσης της διατομής

τ_{Rd} = τάση αντοχής σχεδιασμού σε τέμνουσα (Κεφ. 11)

υ = συντελεστής ικανοτικού σχεδιασμού (Κεφ. 8)

$\Phi_{(t,to)}$ = συνάρτηση ερπυσμού σκυροδέματος (Κεφ. 2)

$\varphi(t,to)$ = συντελεστής ερπυσμού σε $t > t_o$ (Κεφ. 2)

φ_d = χρόνιο μέτρο ελαστικότητας (Κεφ. 2)

$\varphi_f,\varphi_{f1},\varphi_{f2}$ = συντελεστής για τον προσδιορισμό του συντελεστή ερπυσμού (Κεφ. 2)

Φ = διάμετρος ράβδου οπλισμού (Κεφ. 17)

Φ_n = ισοδύναμη διάμετρος οπλισμού για δέσμες ράβδων (Κεφ. 17)

χ = διορθωτικός συντελεστής για τον προσδιορισμό της ολικής ανηγμ. παραμόρφωσης (Κεφ. 2)

ψ = συντελεστής συνδυασμού για μεταβλητές δράσεις (Κεφ. 6)

ψ_1, ψ_2 = συντελεστές συνδυασμού για βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες μεταβλητές δράσεις αντίστοιχα (Κεφ. 6)

ω = μηχανικό ποσοστό οπλισμού (Κεφ. 10)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΠΟ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ